ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JUILLET 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *La flore de la Somalie française et la forêt-relique du Mont Goudah.* Note de M. AUGUSTE CHEVALIER.

Jusqu'à ces temps derniers la flore de l'intérieur de la Somalie française était inconnue. Nos connaissances se bornaient aux récoltes effectuées en 1885-1886 par le Dr Louis Faurot qui rapporta au Muséum une petite collection de 105 espèces végétales venant du pourtour de la baie de Tadjourah et étudiées par A. Franchet en 1887 (*Journal de Botanique*, 1, p. 117 et 134). C'étaient, pour la plupart, des espèces désertiques ou littorales, connues déjà en Nubie ou en Arabie. Aucune collection botanique n'avait pu être réunie dans l'intérieur de notre possession; par contre, la flore d'Abyssinie est en grande partie connue depuis longtemps, grâce surtout à l'ouvrage classique publié par Achille Richard, *Tentamen Floræ Abyssinicæ* (1847-1851).

Par suite des prétentions récentes de l'Italie, la France a été amenée dans ces derniers temps à créer des postes militaires aux frontières intérieures de sa colonie. Aujourd'hui on circule librement dans toute la Somalie française. Grâce à cela de nombreux documents sur la flore ont été réunis l'an dernier par M. E. Aubert de la Rüe; enfin, ces temps derniers, M. Hubert Deschamps, Gouverneur de Djibouti, a eu l'obligeance de nous envoyer pour étude un herbier qu'il venait de faire rassembler.

Ces documents nous permettent de donner un aperçu d'ensemble sur la flore de notre Colonie. Grâce à l'ouvrage de E. Aubert de la Rüe, illustré d'une carte et de belles photographies montrant les aspects de végé-

tation ([1]), on peut suivre les itinéraires de notre principal collecteur et avoir une compréhension assez précise des zones de végétation.

Celle-ci, dans les parties basses (au-dessous de 500^m d'altitude), rappelle beaucoup par sa composition la lisière sud du Sahara (zone sahélienne). C'est une steppe aride, très pauvre, à sol rocailleux presque constamment à sec (à Djibouti il tombe annuellement 13^{cm} d'eau en moyenne). C'est, d'après Aubert de la Rüe, une maigre végétation d'herbes desséchées et de buissons épineux rabougris formant des taches grises au milieu des solitudes rocailleuses. Les plantes ligneuses sont pour la plupart des espèces sahariennes, dont l'aire s'étend depuis l'Arabie jusqu'à la côte mauritanienne de l'Atlantique. Citons *Acacia seyal*, *A. senegal*, *A. læta*, *Balanites ægyptiaca*, *Zizyphus orthacantha*, *Salvadora persica*, *Boscia octandra*, *B. angustifolia*, *Capparis decidua*, *Mærua crassifolia*, *Courbonia virgata*, *Cadaba glandulosa*, *Heeria insignis*, *Grewia populifolia*, *Calotropis procera*, *Tamaris gallica* var. *nilotica* etc.

Cependant il s'y ajoute aussi des plantes spéciales qui ne se rencontrent pas dans le Sahara, mais appartiennent en propre à l'Afrique orientale, *Capparis galeata*, *Cadaba rotundifolia*, *Rhus abyssinica*, *Commiphora myrrha*, *Jatropha lobata* etc.

Quant aux espèces herbacées, c'est aussi un mélange de plantes saharo-scindiennes dont l'aire s'étend de la côte atlantique (et parfois même des îles du Cap Vert) à l'Arabie et au Scind (et parfois à l'île de Socotra), et de plantes exclusivement afro-orientales et arabiques, comme *Talinum caffrum*, *Polygala abyssinica*, *Fagonia nummularifolia*, *Iphiona scabra*, *Anticharis arabica*, *Convolvulus glomeratus* etc.

Parmi les plantes saharo-scindiennes vivant d'un bout à l'autre du Sahara méridional et jusqu'en Arabie, on peut citer *Cleome brachycarpa*, *C. paradoxa*, *Cassia obovata*, *Indigofera semitrijuga*, *Withania somnifera*, *Ærva persica*, *Cyperus conglomeratus*, *Cymbopogon laniger*, *Sporobolus spicatus* etc.

Les massifs orientaux du Gobad et de Hanleh, qui s'élèvent de 700^m à 1200^m, ont une flore constituée surtout de xérophytes : grands Dragonniers (*Dracæna ombet*), Euphorbes crassulascentes, Asclépiadées cactiformes (*Caralluma retroscipiens*, *Trichocaulon somaliense* Guillaumin), des *Aloe*, *Asparagus*, *Sanseviera* etc. On signale aussi des oasis peuplées du Palmier *Hyphæne thebaica*.

([1]) *La Somalie française*, Paris, 1938.

La découverte la plus inattendue au point de vue floristique a été celle d'une forêt dense primitive, véritable relique quaternaire conservée on ne sait comment (peut-être est-ce un ancien bois sacré ?), où l'on trouve en mélange des éléments méditerranéens, des éléments afro-tropicaux, arabo-socotrens et même afro-austraux. Sa composition rappelle celle de certains sites des massifs d'Abyssinie (Harar etc.).

Cette forêt couvre une partie du massif basaltique du Mont Goudah, de 1400^m jusque près du sommet, qui s'élève à 1750^m d'altitude, à une cinquantaine de kilomètres au Nord de Djibouti. Elle atteint son épanouissement maximum au plateau de Daï (1450^m d'alt.), que le Gouvernement songe à aménager en parc national ou en réserve naturelle intégrale. La chose en vaudrait la peine, car nulle part sans doute, depuis la Méditerranée orientale jusqu'au cœur de l'Afrique orientale il n'existe de vestige comparable d'une forêt-relique s'étant maintenue malgré l'assèchement progressif du climat et les dévastations humaines qui se poursuivent depuis l'antiquité. Elle couvre à peine quelques kilomètres carrés d'étendue et elle est des plus fragiles; aussi la moindre attaque risque-t-elle de l'anéantir.

« Cette forêt » écrit Aubert de la Rüe « est dense, avec des troncs d'arbres moussus, d'où pendent des lichens; elle ne donne pas cependant du tout l'impression d'humidité. Le sous-bois, encombré d'arbres morts déracinés ou cassés par les coups de vent, est assez touffu par endroits, avec diverses espèces d'arbrisseaux et de plantes buissonneuses; il apparaît relativement clair par ailleurs avec de jolis parterres de fleurs aux couleurs vives où le jaune domine. On y voit aussi des fougères variées. » De remarquables photographies en ont été prises.

Bien, semble-t-il, qu'il n'y pleuve pas beaucoup plus souvent qu'à Djibouti, l'eau sourd en de nombreux points, la montagne étant souvent environnée d'un brouillard épais donnant lieu à des condensations nocturnes. Grâce aux collections qui en ont été rapportées, nous pouvons donner un inventaire de cette forêt. Les arbres les plus fréquents et les plus élevés sont : *Juniperus procera* Hochst. (*Zerida* en çomali), qui s'élève jusqu'à 20^m de haut et s'étend depuis l'Érythrée jusqu'au Nyassaland, toujours sur les montagnes; plusieurs espèces de grands *Ficus* (*F. Sycomorus* L., *F. ingens* Miq., *F. discifera* Warb., *F. populifolia* Vahl., *F. salicifolia* Vahl.); un Olivier d'Abyssinie (*Olea chrysophylla* Lamk.), un grand Buis (*Buxus Hildebrandtii* Baill.), deux Sapotacées, un *Mimusops* et un *Sideroxylon* inédit, une Combrétacée (*Combretum trichanthum* Fres.).

Les arbustes sont nombreux. Nous ne pouvons en citer qu'une partie : *Delonix elata* (L.) Gamble, *Doberia coriacea* DC., *Cluytia abyssinica* Jaub. et Spach, *Euphorbia cuneata* Vahl., *Carissa edulis* Vahl., *Acocanthera Schimperi* var. *Deflersii* (Schwft.) Stapf, *Coleus rupestris* Hochst., *Capitanya otostegioides* Gurke, *Ruttya fruticosa* Lindau, *Euryops Hildebrandtii* Mattf.

Il nous faut aussi mentionner un grand et beau Palmier unicaule, à feuilles flabelliformes et dont le stipe s'élève jusqu'à 20^{m} de haut.

C'est, d'après les photographies rapportées, un *Medemia*, rappelant par son port *M. argun* P. G. de Wurtemberg, de la Nubie. On y observe aussi trois lianes, *Clematis grata* Wall., *Clerodendron Neumeyeri* Vatke et *Dolichos pseudo-pachyrrhizus* Harms.

Parmi les plantes herbacées les plus remarquables, citons *Matthiola elliptica*, *Geranium favosum*, *Trigonella hamosa*, *Pentanisia longituba*, *Achyrocline glumacea*, *Amberboa abyssinica*, *Nidorella vernonioides*, *Scrophularia arguta*, *Commelina cordifolia*, *Pennisatum setaceum* etc., et même des représentants de la flore d'Europe, comme *Anagallis arvensis*, *Trifolium agrarium*, deux *Galium* voisins de *G. aparine*, *Vulpia sciuroides*.

Sous les arbres et dans les ravins vivent quelques fougères, déterminées par Mme M. L. Tardieu-Blot, *Adiantum Capilus-veneris* L., *A. Balfouri* Baker, *Onychium melanolopis* Kze. (= *A. thalictroides* Willd.), *Cheilanthes coriacea* Dce., *C. pteridoides* C. Christ., *Asplenium præmorsum* Sw., *Ceterach officinarum* L., *Actinopteris australis* Link. De grands Lichens du genre *Usnea* pendent de tous les arbres.

Cette flore montagnarde est des plus archaïques; certains de ses représentants vivent les uns sur les montagnes de la Somalie italienne, de l'Abyssinie et de l'île de Socotra, les autres sur les sommets de l'Érythrée et de l'Arabie. Il est désirable de mettre le Mont Goudah en réserve le plus tôt possible pour conserver ce rare témoin d'une flore en partie éteinte. Il nous donne un aperçu de ce que devait être la végétation des montagnes du Sahara et de l'Arabie avant la dégradation complète du climat et la destruction des forêts accomplie par l'homme depuis des millénaires.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les agents de formation des dispositifs de capture chez les hyphomycètes prédateurs de Nématodes.* Note de MM. **Emile Roubaud** et **Robert Deschiens.**

Les travaux de Ch. Dreschler [1] et de J. Comandon et P. de Fonbrune [2] ont montré que l'eau ayant été en contact avec des Nématodes susceptibles de provoquer l'apparition de dispositifs capteurs chez certains hyphomycètes prédateurs, pouvait déterminer le développement des organes pièges. Nous avons constaté qu'un certain nombre de liquides organiques et de produits d'origine animale, très différents par leur origine spécifique ou tissulaire, possédaient également cette propriété vis-à-vis des hyphomycètes prédateurs de Nématodes des genres *Arthrobotrys*, *Dactylella* et *Dactylaria*.

Certaines remarques préalables doivent être faites relativement à la formation des organes de capture chez ces champignons. Dans les cultures sur gélose, les champignons des genres *Arthrobotrys*, *Dactylella* et *Dactylaria* peuvent former spontanément de très rares pièges (2 à 3 par boîte de Petri de 10^{cm} de diamètre avec *D. bembicodes*), aussi ne doit-on considérer comme facteurs de formation de pièges que les agents dont l'addition provoque l'apparition d'un nombre de pièges nettement supérieur à ceux qui peuvent se former spontanément; 10 pièges, par exemple, par boîte de Petri de 10^{cm} de diamètre pour *D. bembicodes*.

Ce nombre des pièges peut être exprimé par les symboles + (10 à 20 pièges), ++ (20 à 50 pièges), +++ (50 à 100 pièges), ++++ (au-dessus de 100 pièges).

En outre, certaines bactéries ayant également la propriété de provoquer la formation d'appendices capteurs, il y a lieu d'en tenir compte lorsqu'on étudie l'action de produits non bactériologiquement stériles sur le développement des pièges mycéliens. Ajoutons que les dispositifs de capture apparaissent en 24 à 48 heures, l'acmé se situant le 3e ou le 4e jour suivant l'action provoquante.

Ces remarques préliminaires étant faites, les produits que nous avons utilisés dans nos recherches peuvent être répartis en deux catégories :

---

(1) *Mycologia*, **29**, 1937, p. 447.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1938, p. 619.

a. produits bactériologiquement stériles; *b.* produits non bactériologiquement stériles.

Les différents produits considérés ont été mis en contact avec les champignons prédateurs par le procédé des plaques de gélose à logettes humides que nous avons décrit antérieurement ([3]). Dans la catégorie des produits bactériologiquement stériles, le sérum humain normal (3 échantillons) provenant d'individus non infestés par des helminthes a provoqué la formation de très nombreux dispositifs capteurs (++++), l'urine humaine normale donne une réaction positive (+) faible, le sérum normal de lapins (2 échantillons) non infestés par des helminthes (contrôle par autopsie) a provoqué une réaction positive (+), le sérum humain de malades atteints de filariose à *Loa loa* (Guyot 1778) (3 échantillons) une réaction forte (+++), le sérum de singes Cynocéphales du genre *Papio* (2 échantillons) présentant une infestation à Nématodes du genre *Strongyloïdes*, une réaction forte (+++). Le liquide cœlomique de *Parascaris equorum* (Goeze 1782), syn. *Ascaris megalocephala*, a provoqué une réaction extrêmement intense (+++++). Le blanc d'œuf, l'eau distillée, l'eau physiologique ont été sans action.

Dans la catégorie des produits non bactériologiquement stériles, deux groupes doivent être distingués. Un premier groupe comprend des matériaux lavés et pratiquement indemmes de bactéries, le second concerne des produits riches en bactéries diverses.

Dans le premier groupe, le produit de broyage de *Parascaris equorum* a donné une réaction positive (++), l'extrait aqueux de *Trichuris trichiura* (Linné 1771) une réaction positive (++), l'extrait aqueux d'un trématode du papion, *Watsonius* sp., une réaction positive faible tardive (+), l'extrait aqueux de *Tænia saginata*, Goeze 1782, une réaction forte (+++).

En ce qui concerne les matériaux riches en bactéries diverses, nous avons fait les constatations suivantes : l'extrait aqueux de ver de terre *Lumbricus rubellus* provoque une réaction forte (++++), le produit de broyage de larves de Culicidés une réaction moyenne (++), le produit de broyage de nymphes de Culicidés une réaction faible assez tardive (+), la présence de nymphes de Culicidés vivantes une réaction faible tardive. Le produit de broyage de pupes de Muscidés détermine une réaction forte (+++), l'extrait fécal humain normal (3 échantillons) une

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 245.

réaction intense (+++++), l'extrait fécal de singe Cynocéphale du genre *Papio* (3 échantillons) une réaction forte (+++), l'extrait fécal de lapins non infestés d'helminthes une réaction positive (+).

Les faits relatés dans cette Communication montrent que la formation d'appendices capteurs chez les hyphomycètes prédateurs de Nématodes apparaît comme une réaction *générale* de ces organismes, à l'égard de substances ou d'agents biologiques très répandus dans la nature. L'apparition des appendices peut être provoquée par des liquides organiques normaux de mammifères, d'Annélides et de Nématodes, ainsi que par des extraits de Trématodes, de Cestodes, d'Annélides, de Nématodes et d'Insectes.

Le fait que les sérums normaux et les extraits fécaux normaux de mammifères provoquent l'apparition de nombreux pièges chez les champignons prédateurs écarte la possibilité d'un diagnostic éventuel des Helminthiases par l'action de sérums ou d'extraits fécaux pathologiques sur les champignons prédateurs.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur le durcissement structural des alliages aluminium-argent riches en aluminium.* Note (1) de MM. Léon Guillet et Léon Guillet fils.

D'après le diagramme d'équilibre donné par Hansen (2), la solubilité de l'argent dans l'aluminium à l'état solide est de 48 % en poids à 558° C. et de 0,25 % à 200° C. Les alliages aluminium-argent riches en aluminium, trempés à partir d'une température élevée, sont constitués par une solution solide sursaturée en argent; ils laissent déposer, par revenu, l'argent de sursaturation sous la forme d'une phase γ contenant 85,7 % d'argent en poids.

Nous avons étudié cette précipitation, pour diverses températures de revenu, au moyen de la micrographie, de la diffraction des rayons X et par des mesures de dureté.

Les essais ont porté sur trois alliages à 10,83, 19,67 et 29,62 % d'argent *d'une grande pureté*. Ces alliages étaient préparés à partir d'aluminium

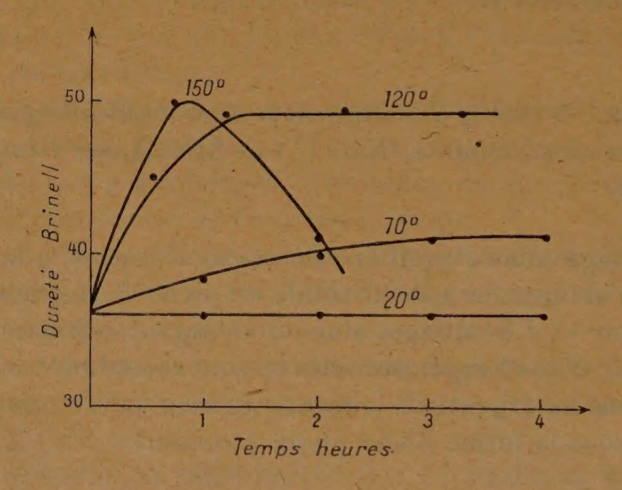
(1) Séance du 3 juillet 1939.

(2) *Z. für Metallkunde*, 20, 1928, p. 217-222.

bi-raffiné et d'argent-vierge, fondus au four électrique dans des creusets en graphite, coulés en coquille sous la forme de barreaux cylindriques de 30^{mm} de diamètre, recuits 100 heures à 500° et refroidis très lentement. Les alliages les plus riches en aluminium étaient malléables et pouvaient être facilement laminés, puis étirés à température ordinaire jusqu'à 5^{mm} de diamètre sans recuit intermédiaire.

Les barrettes ainsi préparées étaient chauffées 1 heure à 550° et trempées à l'eau; les revenus étaient effectués à des températures croissantes de 20 à 150°C. Les examens aux rayons X ont été faits par M. le Professeur Trillat sur poudre fine enfermée dans un sac très mince de collodion, suivant la technique habituelle de Debye-Scherrer pour obtenir des raies homogènes et supprimer les phénomènes d'orientation, en utilisant le rayonnement Kα du cuivre ($\lambda = 1,54$ Å) monochromatisé par filtre de nickel.

La figure montre l'influence de la température et du temps de revenu



sur la dureté Brinell (bille de 2^{mm} de diamètre, charge 10^{kg}) d'un alliage contenant 10,83 % d'argent laminé et étiré. A 20°C., la dureté n'a subi aucun changement après 120 heures de revenu; la dureté maxima est atteinte à 150°C. après 45 minutes de revenu.

Les courbes relatives aux alliages plus chargés en argent sont analogues; lorsque la teneur en argent croît, elles se déplacent vers l'origine, les maximums de dureté étant obtenus pour des temps de revenu plus faibles. Voici les chiffres obtenus sur deux alliages non laminés :

Dureté Brinell (bille de 10^{mm}; charge 500^{kg}).

Teneur en argent % (en poids).	État recuit.	État trempé.	État trempé et revenu 30 min. à 150°.	État trempé et revenu 45 min. à 150°.
10,83	35	38	51	41
29,62	44	78	90	68

L'examen micrographique ne permet de déceler une précipitation que lorsque le temps de revenu nécessaire pour obtenir le maximum de dureté a été nettement dépassé. La nouvelle phase se dépose d'abord le long des joints des grains de la solution solide sursaturée.

L'examen aux rayons X montre que les alliages trempés et revenus dans les limites de temps et de températures étudiées ne contiennent pas la phase γ, mais une phase intermédiaire sur la nature de laquelle il est difficile de se prononcer, fait à rapprocher des résultats obtenus par Fink et Smith (²) pour les alliages aluminium-magnésium, et par Wassermann (³) pour les alliages aluminium-cuivre. Au cours du revenu, dès que le maximum de dureté a été atteint, les distances réticulaires de la solution solide sursaturée diminuent nettement, ce qui prouve que la teneur en argent de cette solution décroît. Enfin, dans les alliages recuits à 550°, on trouve les raies caractéristiques de la phase γ (à l'exception d'une seule) avec des rapports d'intensité à peu près respectés, en accord avec le diagramme d'équilibre proposé par Hansen.

M. Emile Forgue, par l'organe de M. A. Gosset, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier en collaboration avec M. A. Aimes, sous le titre, *Les « pièges » de la chirurgie en diagnostic et thérapeutique. Erreurs et fautes ou faits présumés tels. Conditions et limites de la responsabilité.*

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de la Défense nationale et de la Guerre invite l'Académie à désigner deux de ses Membres, qui feront partie du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1939-1940.

(²) *Am. Inst. of Min. and Metal Eng. Technical Publication*, 760, 1936.
(³) *Z. für Metallkunde*, 30, 1938, p. 62-67.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Bibliography of the Larvae of Decapod Crustacea*, by ROBERT GURNEY.

2° *The Comity of Spiders*, by WILLIAM SYER BRISTOWE. Volume I.

3° FRANCESCA ANTONIBON. *Le relazioni a stampa di ambasciatori veneti.*

4° Une série de publications et de cartes du SERVICE HYDROGRAPHIQUE DE LA MARINE.

5° BUREAU HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONAL. *Carte générale bathymétrique des Océans*. Troisième édition de la feuille B_{IV}, avec *Notice*.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur la jacobienne d'un système de Pfaff.* Note de M. MAX EGER, présentée par M. Élie Cartan.

1. Étant donné, sur une variété algébrique V_n à n dimensions, sans singularités, un système de Pfaff ($\lambda \leqq n-1$)

$$(1) \qquad \omega_0 = 0, \quad \omega_1 = 0, \quad \ldots, \quad \omega_\lambda = 0,$$

où les formes différentielles ω_i sont des formes rationnelles du point de V_n, on peut appeler *variété jacobienne* du système (1) le lieu des points où les formes ω_i ne sont plus linéairement indépendantes, c'est-à-dire le lieu des points où le produit extérieur $\Pi = [\omega_0 \omega_1 \ldots \omega_\lambda]$ est identiquement nul.

Je désignerai cette variété jacobienne par la notation $\{\omega_0 \omega_1 \ldots \omega_\lambda\}$ ou simplement par $\{\Pi\}$.

D'après les hypothèses faites, $\{\Pi\}$ est une variété algébrique de dimension au moins égale à λ et en général égale à ce nombre. De plus, pour un choix arbitraire des ω_i, $\{\Pi\}$ est dépourvue de points doubles. En effet en un point M de $\{\Pi\}$ il existe des coefficients a_i non tous nuls tels que la forme $\omega = \Sigma a_i \omega_i$ soit $\equiv 0$ en M, et les formes ω_i ont en M un espace linéaire d'éléments intégraux communs de dimension $n-\lambda$, soit $[n-\lambda]$. Si je désigne par K le cône tangent en M à la forme ω, il est facile de montrer que le $[\lambda]$ tangent à $\{\Pi\}$ en M n'est autre que l'espace polaire conjugué du $[n-\lambda]$ par rapport à K. Pour que ce $[\lambda]$ soit indéterminé, il faut et il suffit que K soit spécialisé, une de ses génératrices doubles étant située dans le $[n-\lambda]$. Ceci exige au moins $\lambda+1$ conditions et ne peut être satisfait en général par un point de $\{\Pi\}$.

2. Les formes de Pfaff considérées dans la suite seront des *formes*

permises, c'est-à-dire des formes telles que toute variété polaire Ω à $n-1$ dimensions de ω soit *une intégrale* de $\omega=0$.

Lemme I. — Si en un point O de Ω le $[n-1]$ tangent à Ω est $x_1=0$, de sorte que la forme $\Theta=x_1^k\omega$ soit régulière en O, pour que ω soit permise il faut et il suffit que $[dx_1\Theta]$ soit nul en O, ce que nous écrirons $[dx_1\Theta]\simeq 0$.

En effet, $x_1=0$ est alors une intégrale de $\Theta=0$ au point O.

Conséquence. — Une forme différentielle exacte est permise, car de $\omega=\theta/x_1^k$, on tire par dérivation extérieure

$$\omega'=\frac{\theta'}{x_1^k}-\frac{k}{x_1^{k+1}}[dx_1\theta]\equiv 0,$$

ou $x_1\theta'-k[dx_1\theta]\equiv 0$ et en O $[dx_1\theta]\simeq 0$.

Plus généralement une forme admettant un facteur intégrant μ, non nul en O, est permise.

Lemme II. — Avec les hypothèses du lemme I on peut écrire ω, au voisinage de O, sous la forme

$$(2)\qquad \omega=\frac{1}{x^{k-1}}\left[K_1\frac{dx_1}{x_1}+\psi\right],$$

ψ ne contenant pas dx_1 et étant régulière en O.

En effet, si je pose $\theta=K_1\,dx_1+K_2\,dx_2+\ldots+K_n\,dx_n$, j'ai

$$[dx_1\theta]=K_2[dx_1\,dx_2]+\ldots+K_n[dx_1\,dx_n].$$

Donc les K_i pour $i\geqq 2$ sont nuls en O et l'on peut poser

$$K_2\,dx_2+\ldots+K_n\,dx_n=x_1\psi.$$

Ce qui démontre le lemme.

Plus généralement si Ω est une variété polaire de ω, intersection de p hypersurfaces polaires non tangentes, et si les $[n-1]$ tangents à ces variétés ont pour équation en O, $x_1=x_2=\ldots=x_p=0$, alors on peut écrire ω au voisinage de O

$$(3)\qquad \omega=\frac{1}{L^{k-1}}\left[K_1\frac{dx_1}{x_1}+K_2\frac{dx_2}{x_2}+\ldots+K_p\frac{dx_p}{x_p}+\psi\right],$$

L étant une forme linéaire en x_i, les k_i n'étant pas tous nuls en O, et ψ étant une forme différentielle en dx_{p+1}, ..., dx_n, régulière en O.

3. L'intérêt des formes permises réside dans le théorème suivant, conséquence de la forme (3) de ω. Soient F une forme différentielle de degré k et Ω une variété polaire de ω, forme permise.

Considérons les variétés jacobiennes suivantes : $J = \{\omega F\}$; $W = \{F\}_\Omega$, c'est-à-dire la jacobienne de la trace de F sur Ω. Ces variétés sont liées par le théorème fondamental :

THÉORÈME. — *L'intersection de* J *et de* Ω, *soit* (J, Ω), *est formée de* W. On a donc la relation

$$(\{\omega F\}, \Omega) = \{F\}_\Omega. \tag{4}$$

En effet, désignons par φ la forme entre crochets du second membre de (3). En un point de $\{\omega F\}$ on a $[\varphi F] = 0$, et par suite $\{\omega F\} = \{\varphi F\}$.

Faisons le changement de variables $x_1 = e^{\xi_1}$, $x_2 = e^{\xi_2}$, ..., $x_p = e^{\xi_p}$, les autres x_i étant inaltérés. On a $dx_1 = x_1\, d\xi_1$, et φ se transforme en

$$\bar{\varphi} = K_1\, d\xi_1 + K_2\, d\xi_2 + \ldots + K_p\, d\xi_p + \psi.$$

F devient de même une forme $\overline{F}$, qui en O est obtenue de F en y faisant $x_1 = x_2 = \ldots = x_p = 0$ et $dx_1 = dx_2 = \ldots = dx_p$, *c'est-à-dire* $\overline{F}$ *n'est autre que la trace de* F *sur* Ω.

Pour que $O \subset J$, il faut et il suffit que

$$[\bar{\varphi}\overline{F}] = [K_1\, d\xi_1 + \ldots + K_p\, d\xi_p + \psi, \overline{F}] = 0.$$

Or ψ et $\overline{F}$ ne dépendent pas des $d\xi_i$, et les termes contenant un $d\xi_i$ sont ceux du produit $K_i[d\xi_i \overline{F}]$; comme les K_i ne sont pas tous nuls, il faut que $\overline{F} = 0$, c'est-à-dire que $O \subset W$. La réciproque est d'ailleurs évidente.

Dans une prochaine Note, nous verrons comment les jacobiennes d'un système de formes permises s'expriment au moyen des variétés canoniques de V_n et des variétés polaires Ω.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries simples et doubles asymptotiques de Dirichlet.* Note [1] de M. **Juan-Carlos Vignaux**, transmise par M. Émile Borel.

1. Nous dirons que $f(z)$ admet pour $z \to \infty$ le développement asymptotique (D)

$$f(z) \sim \sum_1^\infty \frac{a_n}{n^z} \qquad (z = x + iy),$$

(1) Séance du 17 avril 1939.

si l'on a les relations

$$\lim_{z \to \infty} \left[n^z \left(f(z) - \sum_{\nu=1}^{n} \frac{a_\nu}{\nu^z} \right) \right] = 0 \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots).$$

L'algorithme de Stieltjes ([2]), fournissant le développement asymptotique en série de puissances, est susceptible de généralisation à un développement (D).

Nous obtenons les propriétés suivantes :

I. *Si une fonction $f(z)$ a un développement asymptotique* (D), *celui-ci est unique.*

Supposons que l'on ait

$$f(z) \sim \sum_{1}^{\infty} \frac{a_n}{n^z}, \qquad g(z) \sim \sum_{1}^{\infty} \frac{b_n}{n^z},$$

alors on a

II. $$f(z) \pm g(z) \sim \sum_{1}^{\infty} \frac{a_n \pm b_n}{n^z},$$

III. $$f(z)\, g(z) \sim \sum_{1}^{\infty} \frac{c_n}{n^z}, \quad \text{avec} \quad c_p = \sum_{p=rs} a_r b_s \quad (p = 1, 2, 3, \ldots),$$

IV. $$\frac{f(z)}{g(z)} \sim \sum_{1}^{\infty} \frac{d_n}{n^z},$$

les d_n se calculant moyennant les équations

$$a_p = \sum_{rs=p} b_s d_r \qquad (p = 1, 2, 3, \ldots).$$

V. *Si l'on a*

$$f(z) \sim \sum_{2}^{\infty} \frac{a_n}{n^z},$$

donc

$$\int_z^{\infty} f(z)\, dz \sim \sum_{2}^{\infty} \frac{a_n}{\log n} \frac{1}{n^z}.$$

([2]) E. Borel, *Leçons sur les séries divergentes*, 2e éd., Paris, 1938, p. 24.

VI. *Si la fonction $f(z)$ et sa dérivée admettent les développements*

$$(1)\qquad f(z) \sim \sum_{2}^{\infty} \frac{a_n}{n^z}, \qquad f'(z) \sim \sum_{2}^{\infty} \frac{b_n}{n^z}, \qquad (2)$$

alors la série (2) *est la série dérivée de* (1).

2. La fonction $f(z)$ admet le développement asymptotique (D, λ_n) si

$$\lim_{z \to \infty} \left[e^{\lambda_n z} \left(f(z) - \sum_{0}^{n} a_i e^{-\lambda_i z} \right) \right] = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots),$$

$\{\lambda_n\}$ étant une suite croissante de nombres réels. L'algorithme de Stieltjes, ainsi que les propriétés II, IV, V et VI, s'étend à ce développement.

VII. *Si*

$$f(z) \sim \sum_{0}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n z}, \qquad g(z) \sim \sum_{0}^{\infty} b_n e^{-\lambda_n z},$$

l'on a

$$f(z)\, g(z) \sim \sum_{0}^{\infty} c_n e^{-\lambda_n z} \qquad (\lambda_{n+1} < n\lambda_n),$$

c_n *étant le terme général de la série produite* [*Dirichlet* ([3])].

La définition suivante de développement (D, λ_n) ([4])

$$\lim_{t \to 0} \left[z^{\alpha_{n+1}} \left(f(z) - \sum_{\nu=0}^{n} a_\nu z^{\alpha_n} \right) \right] = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots);$$

permet d'étendre un théorème classique de M. Borel généralisé par M. J. Carleman ([5]).

3. Nous allons maintenant généraliser la notion même de série double asymptotique (D, λ_m, μ_n), à savoir

$$f(x, y) \sim \sum_{0}^{\infty} \sum_{0}^{\infty} a_{m,n} e^{-\lambda_m x - \mu_n y}.$$

([3]) G. Valiron, *Mémorial des Sc. Math.*, n° 17, Paris, 1926, p. 29.

([4]) G. Doetsch, *Journ. f. d. reine u. angew. Math.* (Crelle), 167, 1932, p. 285; V. Bernstein, *Séries de Dirichlet*, Paris, 1933, p. 294.

([5]) *Les fonctions quasi analytiques*, Paris, 1926.

si

$$\lim_{(x,y)\to\infty}\left[e^{\lambda_m x+\mu_n y}\left(f(x,y)-\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}a_{ij}e^{-\lambda_i x-\mu_j y}\right)\right]=0 \qquad (m, n=0, 1, 2, \ldots),$$

les propriétés données pour le cas d'une variable s'étendent au cas des deux variables.

Le théorème de Borel-Carleman est susceptible de se généraliser au développement asymptotique (D, λ_m, μ_m).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Statistiques de corpuscules.* Note (¹) de M. **Jules Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations du photon de L. de Broglie se généralisent aisément au cas d'un corpuscule C_n formé par la *fusion* de n corpuscules et anticorpuscules de Dirac à énergies cinétiques positives, que nous appellerons respectivement corpuscules a et corpuscules b de Dirac. Il existe également des corpuscules C_n de deux types C_n^a et C_n^b. La seconde quantification fournit une théorie des systèmes de corpuscules C_n^a et C_n^b. Nous montrons qu'en vertu de la condition : l'énergie cinétique des corpuscules a ou b ne peut prendre que des valeurs positives, *il faut adopter les relations de commutation caractéristiques de la statistique de Fermi ou de Bose selon que n est impair ou pair.*

1. *Équations du corpuscule de C_n en l'absence de champ extérieur.* — Pour un corpuscule a de Dirac, les matrices fondamentales seront les matrices $\alpha_1, \ldots, \alpha_4$ habituelles; pour un corpuscule b de Dirac, les matrices fondamentales seront $\beta_j=(\alpha_j)^\star$, $\beta_4=-\alpha_4$. L'état de C_n sera représenté par 4^n fonctions $\Psi_{\mu_1,\ldots,\mu_n}(\mu_1, \ldots, \mu_n=1, \ldots, 4)$ des variables spatio-temporelles. Dans un système de coordonnées trirectangle les équations auxquelles devront satisfaire ces fonctions seront, en utilisant la notation $\times$ du produit direct,

$$1^{(1)}\times, \ldots, \times\left(p^\mu u_\mu^{(\gamma)}-m_0 c\,\alpha_4^{(\gamma)}\right)\times, \ldots, \times 1^{(n)}\Psi=0, \tag{1}$$

où

$$u_j^{(\gamma)}=\alpha_j^{(\gamma)}, \qquad u_4^{(\gamma)}=1^{(\gamma)}, \qquad 2\pi i p_\mu=\frac{h\,\partial}{\partial x^\mu}.$$

(¹) Séance du 3 juillet 1939.

Les $\alpha^{(\gamma)}$ sont les matrices fondamentales relatives au corpuscule de Dirac constituant $C_{1\gamma}$; elles sont donc égales aux α ou aux β selon que $C_{1\gamma}$ est du type a ou b. Les équations (1) sont la généralisation immédiate des équations du photon de L. de Broglie. Soit

$$\Psi_+ = a(k)\, e^{i(kx)}, \tag{2}$$

une solution plane de (1) à énergie cinétique positive; (2) représente l'état d'un corpuscule (a). On a

$$a(k) \equiv a_{\mu_1\ldots\mu_n}(k_1, k_2, k_3), \qquad (kx) \equiv k_\mu x^\mu,$$
$$k_4 = |k_j k^j + (k_0)^2|^{\frac{1}{2}}, \qquad k_0 = \frac{2\pi m_0 c}{h}.$$

En vertu de (1), les 4^n fonctions $a(k)$ s'expriment linéairement au moyen de 2^n fonctions arbitraires $A_{r_1\ldots r_n}(r_1 \ldots r_n = 1, 2)$. Pour le voir, remarquons que, pour chaque γ, les équations (1) forment un système de 4 équations de Dirac. Représentons l'état d'un corpuscule C_n^b par

$$\varphi_+ = b(k)\, e^{i(kx)}. \tag{3}$$

Ces φ_+ satisfont par définition aux équations imaginaires conjuguées de (1). Les 4^n fonctions b s'expriment linéairement au moyen de 2^n fonctions arbitraires $B_{r_1,\ldots,r_n}(k)$. La solution générale de (1) s'écrit

$$\Psi = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}} \int [a(k) e^{i(kx)} + b^*(k) e^{-i(kx)}]\, d(k), \tag{4}$$

où l'intégration est étendue à tout l'espace des variables k_1, k_2, k_3. Enfin, la densité d'énergie $\mathcal{E}$ sera donnée par la composante $\mathcal{T}^{44}$ du tenseur d'impulsion-énergie $\mathcal{T}^{\alpha\beta}$

$$\mathcal{E} = \frac{c}{2} \left\{ \Psi^* p_4 \frac{1}{n} \sum_{\gamma=1}^{n} (\alpha_4^{(1)} \times \ldots \times 1^{(\gamma)} \times \ldots \times \alpha_4^{(n)}) \Psi + \text{conj.} \right\}. \tag{5}$$

En vertu de (4), (5) prendra la forme

$$\mathcal{E} = \int f(k, k', x)\, d(k)\, d(k'), \tag{6}$$

où l'intégration est étendue à tout l'espace des variables (k), (k').

2. *Seconde quantification*. — Les A, B sont maintenant des opérateurs et les A^*, B^* leurs conjugués hermitiques. L'opérateur hamiltonien H s'obtient en remplaçant dans $\mathcal{E}$ les A, ..., B^* par les opérateurs susmen-

tionnés et en intégrant dans tout l'espace des variables x^1, x^2, x^3. La fonction $f(k, k', x)$ devient alors infinie sur la droite d d'équations $k_i = k'_i$, dans l'espace des k, k', à cause de la présence des $\delta(k_i - k'_i)$ de Dirac dans les relations de commutation qui définissent les A, ..., B*. Pour faire disparaître cet infini, nous devons utiliser un alvéole (α) entourant la droite d. Alors,

$$(7) \qquad H = \int d(x) \left[\lim_{\alpha \to d} \int^{(\alpha)} f(k, k', x)\, d(k)\, d(k') \right].$$

Le calcul donnera, avec les relations de commutation *de Fermi*,

$$(8) \qquad H = \frac{hc}{2\pi} \int [A^*(k) A(k) - (-1)^n B^*(k) B(k)] k_4 d(k);$$

d'autre part, avec les relations de commutation *de Bose*,

$$(9) \qquad H = \frac{hc}{2\pi} \int [A^*(k) A(k) + (-1)^n B^*(k) B(k)] k_4 d(k).$$

En vertu de (8), (9) et de la condition mentionnée au début de cette Note, on a le résultat annoncé.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le passage des particules à travers les barrières de potentiel coulombien.* Note de M. **Gabriel Badarau**, transmise par M. Louis de Broglie.

1. Nous avons donné [1] la formule du coefficient de transmission d'une barrière coulombienne à l'aide des fonctions $W_{K,m}$ de Whittaker [2].

Si $2m$ n'est pas un entier positif, ce qui correspond au cas $j \neq 0$, l'équation de Whittaker admet comme solution les deux développements en série $M_{K,m}$ et $M_{K,-m}$

$$(1) \quad \begin{cases} M_{K,m} = z^{\frac{1}{2}+m} e^{-\frac{1}{2}z} \left\{ 1 + \dfrac{\frac{1}{2}+m-K}{1!(2m+1)} z + \dfrac{\left(\frac{1}{2}+m-K\right)\left(\frac{3}{2}+m-K\right)}{2!(2m+1)(2m+2)} z^2 + \ldots \right\} \\ M_{K,-m} = z^{\frac{1}{2}-m} e^{-\frac{1}{2}z} \left\{ 1 + \dfrac{\frac{1}{2}-m-K}{1!(1-2m)} z + \dfrac{\left(\frac{1}{2}-m-K\right)\left(\frac{3}{2}-m-K\right)}{2!(1-2m)(2-2m)} z^2 + \ldots \right\}, \end{cases}$$

---

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1030. Les notations de cette Note sont conservées ici.

(2) Voir Whittaker et Watson, *Modern Analysis*, Chap. XVI, 4e édition.

dont l'une est régulière et l'autre non régulière à l'origine. La forme asymptotique de ces deux fonctions est donnée en fonction des expressions asymptotiques de $W_{K,m}$ et de $W_{-K,m}$.

En ce qui nous concerne, nous n'avons pas besoin de préciser les formes asymptotiques de chacune des deux fonctions $M_{K,m}$ et $M_{K,-m}$ et nous nous bornerons à écrire la forme asymptotique d'une combinaison de ces deux fonctions.

A l'extérieur du noyau, $U = 2Ze^2/r$, nous avions choisi comme solution de l'équation des ondes une combinaison de la forme

$$(2)\qquad \Psi_j = (-i)^j \sqrt{\frac{\pi}{2}}(2j+1)\frac{1}{4ar}[D_j W_{K,m}(z) + I_j W_{-K,m}(-z)],$$

ayant précisé que le terme en $I_j W_{-K,m}$ représente à l'infini une onde convergente. Il s'agit donc de fixer une valeur convenable pour I_j; en l'occurence normaliser l'onde incidente à l'unité. Or si $|\arg(\pm z)| < (3/2)\pi$

$$(3)\qquad W_{K,m}(z) = \frac{\Gamma(-2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-m-K\right)} M_{K,m}(z) + \frac{\Gamma(2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}+m-K\right)} M_{K,-m}(z),$$

de même que, en tenant compte de la première formule de Kumer ([2]),

$$z^{-\frac{1}{2}-m} M_{K,m}(z) = (-z)^{-\frac{1}{2}-m} M_{-K,m}(z),$$

on a

$$(4)\qquad W_{-K,m} = \frac{\Gamma(-2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-m+K\right)} e^{i\pi\left(\frac{1}{2}+m\right)} M_{K,m}(z) + \frac{\Gamma(2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}+m+K\right)} e^{i\pi\left(\frac{1}{2}-m\right)} M_{K,-m}(z)$$

ou, en posant $1/2+m=\sigma$ et $1/2-m=\delta$ et en désignant les coefficients successifs de $M_{K,m}$ et $M_{K,-m}$, dans les deux formules (3) et (4), respectivement par $\gamma_{-m,K}$, $\gamma_{m,K}$, $\gamma_{-K,-m}$, $\gamma_{-K,m}$, on a

$$(3\,bis)\qquad W_{K,m}(Z) = \gamma_{-m,K} M_{K,m}(Z) + \gamma_{m,K} M_{K,-m}(Z),$$

$$(4\,bis)\qquad W_{-K,m}(-Z) = \gamma_{-K,-m} M_{K,m} e^{i\pi\sigma} + \gamma_{-K,m} e^{i\pi\delta} M_{K,-m}.$$

D'autre part l'expression asymptotique de $W_{-K,m}(-z)$ est

$$W_{-K,m}(-z) = e^{\frac{1}{2}z}(-z)_K\{1+O(z^{-1})\},$$

et par suite l'onde incidente Ψ_{inc} sera normalisée à l'unité si l'on prend

$$I_j = -\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1},$$

K_r étant la partie réelle de K (imaginaire pure) [1]. En prenant donc cette valeur de I_j, la combinaison

$$\frac{1}{4ar}\left[M_{K,m}\left\{D_j\gamma_{-m,K}-\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1}e^{i\pi\sigma}\gamma_{-K,-m}\right\}+\left\{D_j\gamma_{m,K}-\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1}e^{i\pi\delta}\gamma_{-K,m}\right\}M_{K,-m}\right]$$

qui dérive de (2) en tenant compte de (3 *bis*) et (4 *bis*), sera une solution de l'équation de Schrödinger, normalisée de façon à avoir à l'infini une onde convergente d'intensité égale à l'unité.

2. Le calcul du coefficient de transmission $R_jR_j^*$, R_j étant l'amplitude de l'onde j à l'intérieur du noyau, se fait à l'aide des conditions de continuité pour $r=0$, à savoir la continuité de Ψ et de sa dérivée première. Il en résulte

$$D_j\gamma_{K,-m}-\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1}e^{i\pi\sigma}\gamma_{-K,-m}=-\frac{4a}{K_i^{\frac{3}{2}}}\frac{K^{\frac{3}{2}}M^{(0)}_{K,-m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-\frac{1}{2}}J\right]_{r_0}-r^{-\frac{1}{2}}J^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,-m}\right]_{r_0}}{M^{(0)}_{K,m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,-m}\right]_{r_0}-M^{(0)}_{K,-m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,m}\right]_{r_0}}R_j,$$

$$D_j\gamma_{m,K}-\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1}e^{i\pi\delta}\gamma_{-K,m}=\frac{4a}{K_i^{\frac{3}{2}}}\frac{K^{\frac{3}{2}}M^{(0)}_{K,m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-\frac{1}{2}}J\right]_{r_0}-r^{\frac{1}{2}}J^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,m}\right]_{r_0}}{M^{(0)}_{K,m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,-m}\right]_{r_0}-M^{(0)}_{K,-m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,m}\right]}R_j.$$

En éliminant D_j entre ces deux relations, on obtient une expression de R_j, l'amplitude de l'onde à l'intérieur du noyau.

3. Nous croyons que la formule du coefficient de transmission ainsi calculée à l'aide des formules développables en série est plus maniable du point de vue des évaluations numériques, malgré son apparente complexité, que celle que nous avons donnée précédemment à l'aide de fonctions intégrales $W_{K,m}$.

4. Il est à remarquer que sous cette forme le calcul n'est valable que pour les particules de moment cinétique différent de zéro.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'analyse spectrale des solutions métalliques.* Note [1] de MM. **Pierre Jolibois** et **Robert Bossuet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons décrit [2] un dispositif permettant d'obtenir le spectre d'une étincelle éclatant à la surface d'une solution saline, reliée au pôle négatif

(1) Séance du 3 juillet 1939.
(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1189.

d'une source continue à haute tension dans des conditions optiques, géométriques et électriques, constantes d'une expérience à l'autre. En outre, nous avions antérieurement remarqué que la présence du chlorure d'ammonium exaltait considérablement l'intensité de l'émission des raies métalliques [3].

C'est par ce procédé que nous avons étudié une série de sels métalliques différents et que nous avons pu, dans des conditions identiques, comparer les concentrations des éléments correspondant à la limite d'apparition des raies ultimes.

Le tableau suivant rend compte des résultats obtenus dans les conditions suivantes : courant 40 mA; solution AmCl N; temps de pose 5 minutes (spectrographe Féry), émulsion micro Lumière.

Élément.	Raie.	Sensibilité ultime (concentration de la liqueur en atomes/g/litre).
Lithium	4602,9	N/135
Sodium	3302,3	N/405
Potassium	4044,1 / 4047,2	N/405
Or	2675,9	N/32800
Magnésium	2852,1	N/10900
Calcium	4226,7	N/3640
Zinc	3302,5	N/135
Strontium	4607,3	N/3640
Cadmium	2288,0	N/32800
Baryum	4554,0	N/405
Mercure	2536,5	N/3640
Étain	3009,1	N/405
Antimoine	2528,5	N/405
Plomb	3683,4	N/3640
Bismuth	2938,3	N/405
Chrome	3578,7	N/405
Manganèse	2798,2	N/10900
Fer	3719,9	N/405
Cobalt	2424,9	N/3640
Nickel	3409,5	N/3640
Palladium	3404,6	N/32800

Grâce à cette étude préliminaire, on peut déjà, au cours d'une analyse

---

[3] *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1497.

qualitative ainsi effectuée, préjuger de la quantité approximative de substance contenue dans une solution ainsi étudiée.

Les spectres ainsi produits sont beaucoup moins riches en raies que ceux obtenus par l'arc ou par l'étincelle condensée. Les métaux qui donnent par cette technique les spectres les plus compliqués sont ceux du groupe VIII de la classification périodique.

Le spectre du fer nous a fourni seulement dans une solution N/405, les raies

2483,2; 2488,1; 2491,1; 2527,4; 3021,0; 3581,1; 3719,9; 3734,8; 3737,1.

Toutes ces raies correspondent à l'excitation de l'atome neutre.

Il convient d'ajouter également que ce mode d'émission des raies spectrales au moyen du courant continu est impuissant à faire apparaître les raies d'un certain nombre d'éléments comme les métalloïdes, les métaux des terres rares, le niobium et le tantale etc.

Ces observations confirment l'hypothèse émise par l'un de nous que ces spectres sont en réalité des spectres de flamme résultant de la combustion au-dessus de l'électrolyte du radical OH mis en liberté par le courant sur une tache lumineuse d'épaisseur très faible (4); dans cette dernière nous avons antérieurement mis en évidence le spectre de l'oxygène et de l'hydrogène atomiques, apparaissant d'une manière très intense. Cette tache est surmontée d'une petite flamme dont la hauteur croît avec l'intensité du courant et dans laquelle a lieu l'émission des raies étudiées plus haut.

PHOSPHORESCENCE. — *Sensibilisation du sulfure de zinc phosphorescent à l'action des rayons rouges*. Note (1) de M. **Jean Saddy**, présentée par M. Jean Perrin.

L'addition de faibles quantités de Fe dans le SZn avant la calcination en réduit considérablement la luminescence. Ce phénomène a été étudié par de nombreux expérimentateurs; il est très probablement dû à un transfert d'activation suivi d'une désactivation sans émission de lumière visible (2).

---

(4) *Bull. Soc. chim.*, 5, 1938, p. 1440.

(1) Séance du 3 juillet 1939.

(2) Maurice Curie et Jean Saddy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2040.

J'ai observé que l'addition de traces de Fe produit aussi une forte sensibilisation à l'action extinctrice des rayons de grande longueur d'onde.

Les résultats suivants concernent un produit contenant 7.10^{-5} g de Cu et 5.10^{-5} g de Fe par gramme de SZn, calciné à 1000°. Malgré l'addition de Fe, ce produit s'excite encore fort bien à la lumière de Wood, mais nullement à la lumière d'une lampe à incandescence, riche en radiations rouges.

J'ai tracé les courbes de décroissance de la luminosité de ce produit, excité au préalable par l'ultraviolet, d'une part sans faire agir de rayons rouges, d'autre part sous l'action constante d'un faisceau de rayons de longueur d'onde s'étendant entre $0^{\mu},71$ et $0^{\mu},64$. J'ai étudié parallèlement un SZn au cuivre préparé dans les mêmes conditions, mais sans addition de Fe. Les mesures ont été faites avec un photomètre spécial à glazebrooks, permettant de juxtaposer parfaitement à une large plage de SZn la plage étalon à éclairement variable.

L'échantillon contenant Fe était nettement moins luminescent que celui sans Fe. Les excitations furent faites à des distances de la source ultraviolette différentes pour les deux échantillons, de manière à ce que les éclats des deux sulfures soient les mêmes dès la fin de l'excitation. Par contre l'intensité du faisceau de rayons rouges était la même pour les deux échantillons; cette insolation rouge débutait aussitôt après la fin de l'excitation et durait tout le temps des mesures.

Les quatre courbes de déclin de la luminescence, si l'on écarte les premiers instants, peuvent d'ailleurs être représentées par des formules du type d'Ed. Becquerel $\mathcal{I} = A(t+a)^{-\alpha}$, avec les valeurs suivantes pour α :

	α
SZn(Cu), décroissance normale	0,97
SZn(Cu), décroissance en présence de lumière rouge	2,15
SZn(Cu, Fe), décroissance normale	2,23
SZn(Cu, Fe), décroissance en présence de lumière rouge	2,34

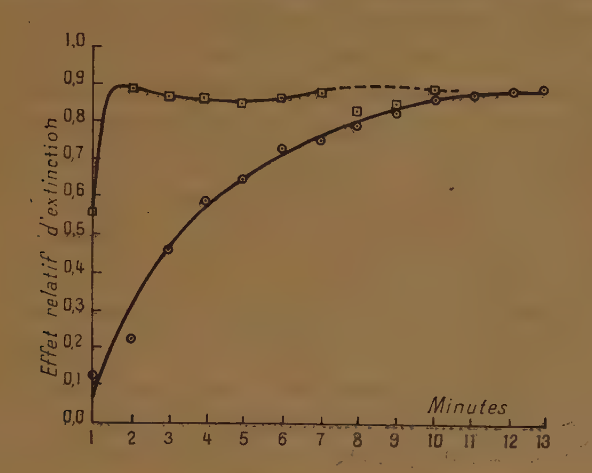
Il est à remarquer que pour les trois derniers échantillons les droites logarithmiques étaient très sensiblement parallèles.

Un tel type de formule simple masque en réalité un processus de déclin très complexe ([3]).

Ces courbes permettent de préciser la sensibilisation par Fe de l'action

([3]) MAURICE CURIE, *Luminescence* (*A general discussion*), *Faraday Society*, septembre 1938.

extinctrice des rayons rouges. Par exemple, dans les courbes ci-dessous, déduites des précédentes, on considère pour chaque minute l'*effet relatif d'extinction* pendant la minute venant de s'écouler, cet effet étant le



rapport de la somme de lumière qui a disparu par l'action des rayons rouges à la somme de lumière $\int \mathcal{J}\, dt$ émise sans action des rayons rouges.

Le flux de rayons rouges utilisé était assez faible, de manière à pouvoir suivre la décroissance de la luminescence pendant un temps assez prolongé. L'effet d'accélération, qui accompagne comme on le sait l'effet d'extinction, était masqué par la décroissance normale. D'ailleurs les transferts d'activation au Fe diminuent cet effet d'accélération : c'est sans doute la raison pour laquelle l'effet relatif d'extinction atteint plus rapidement sa valeur maxima que pour le produit sans Fe. Des expériences complémentaires ont montré que cette croissance s'effectuait dans les premières dizaines de secondes pour le produit au Fe, dans les conditions opératoires.

ÉLECTROLUMINESCENCE. — *Sur l'auto-absorption du spectre continu émis par un tube à xénon excité en* lumière blanche Note (1) de M. **Marcel Laporte**, présentée par M. Charles Fabry.

Il a été indiqué (2) que l'intensité *lumineuse* du spectre continu émis par un segment d'un tube à décharge contenant du xénon excité en

(1) Séance du 26 juin 1939.

(2) Marcel Laporte, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1559.

lumière blanche ([3]), sous une pression de quelques millimètres de mercure, est pratiquement indépendante de la direction d'émission. Cette loi suggère que les coefficients d'absorption du gaz pour ses propres radiations sont faibles, tout au moins dans le visible.

Des mesures de ces coefficients et de leur variation éventuelle avec la longueur d'onde ont paru utiles, comme susceptibles de fournir des indications sur le mécanisme de production des spectres continus : il a été construit un tube en pyrex de 10^{mm} de diamètre, contenant du xénon sous une pression de 6^{mm} de mercure; ce tube est muni de deux électrodes latérales disposées normalement à son axe, à 20^{cm} l'une de l'autre; les extrémités du tube sont sensiblement planes.

Dans une première expérience, ce tube est disposé à l'une des extrémités et perpendiculairement à l'axe d'un banc d'optique, le centre O, de la colonne éclairante du tube est placé sur cet axe; une lampe à incandescence, qui servira de terme stable de comparaison est placée à l'autre extrémité du banc; la lumière du tube et celle de la lampe sont filtrées par deux filtres identiques, dont nous supposerons qu'ils ne laissent passer qu'une bande étroite de radiations autour d'une longueur d'onde λ. On détermine la position à donner à un photomètre interposé entre les deux sources pour réaliser l'égalité d'éclairement des plages.

Si, dans cette expérience, on néglige l'absorption par le gaz, dont l'épaisseur est faible ($\leq 1^{cm}$), on peut évaluer le rapport i/I de l'intensité émise par un centimètre de tube à l'intensité de la lampe de comparaison pour la radiation de longueur d'onde λ.

On calcule en effet aisément que l'éclairement de la plage du photomètre par le tube est

$$(1) \qquad e_1 = 2\,li : d_1^{-2}\left[1+\frac{l^2}{d_1^2}\right]^{-\frac{1}{2}},$$

en désignant par l la demi-longueur de la colonne éclairante et par d_1 la distance du centre du tube au photomètre; l'éclairement dû à la lampe est $E_1 = I/D_1^2$, en désignant par D_1 la distance de la lampe au photomètre.

L'égalité réalisée des éclairements donne la valeur du rapport i/I

$$(2) \qquad \frac{i}{I} = \frac{1}{2l}\,\frac{d_1^2}{D_1^2}\left(1+\frac{l^2}{d_1^2}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

([3]) Marcel Laporte, *Journ. de Physique*, 9, 1938, p. 228.

Dans une seconde expérience, le tube est disposé de façon que son axe coïncide avec le banc photométrique (éclairage en bout); on constate que l'égalité d'éclairement des plages du photomètre est réalisée pour des distances d_2 et D_2 du tube et de la lampe.

Si l'on représente par x la distance au centre O du tube d'une tranche de gaz d'épaisseur dx et par α le coefficient d'absorption du gaz excité pour la radiation λ, on trouve que l'éclairement de la plage du photomètre par le tube est donné par

$$(3) \qquad e_2 = i \int_0^{2l} \frac{e^{-\alpha x}}{(x+a)^2} dx,$$

en posant $a = d_2 - l$.

L'égalité réalisée des éclairements donne la relation

$$(4) \qquad \frac{i}{I} = \frac{1}{D_2^2 \cdot \int_0^{2l} \frac{e^{-\alpha x}}{(x+a)^2} dx}.$$

En égalant les deux valeurs du rapport i/I obtenues dans les deux expériences, on obtient, pour déterminer le coefficient α, la relation

$$(5) \qquad J(\alpha) = \int_0^{2l} \frac{e^{-\alpha x}}{(x+a)^2} dx = \frac{D_1^2}{D_2^2} 2l : d_1^{-2} \left(1 + \frac{l^2}{d_1^2}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

L'intégrale J du premier membre peut se calculer approximativement en remarquant que, dans les conditions expérimentales, x est assez petit devant a pour que l'on puisse négliger les termes en x_2/a_2; il est plus commode d'évaluer J graphiquement pour différentes valeurs attribuées à α et de construire la courbe $J = f(\alpha)$; la valeur de α pour laquelle J prend la valeur numérique du second membre de l'équation (5) donne le coefficient d'absorption cherché.

L'expérience, faite avec un filtre constitué par un verre rouge opaque à partir de 6000 Å, a donné les résultats suivants :

1re expér., $d_1 = 98^{cm}$; $D_1 = 102^{cm}$, 2e expér., $d_2 = 84^{cm}$; $D_2 = 116^{cm}$; $a = 74^{cm}$.

Avec ces valeurs le second membre de l'équation (5) est égal à 160.10^{-5} et la valeur de α qui donne à $J(\alpha)$ cette valeur est $\alpha = 0{,}075\ cm^{-1}$, que nous adopterons comme coefficient d'auto-absorption dans le rouge.

La détermination des coefficients d'absorption pour d'autres radiations peut s'obtenir à partir de ce résultat par une méthode de spectro-photo-

métrie photographique qui est exposée par ailleurs dans la Note ci-dessous de M. François Gans.

D'après les résultats de M. Gans, 1° le coefficient d'absorption ne varie que très lentement dans le rouge, ce qui légitime l'emploi d'un filtre non rigoureusement monochromatique tel que celui que nous avons utilisé dans ce domaine spectral; 2° le coefficient d'absorption pour la radiation de longueur d'onde 5550 Å (maximum de sensibilité de l'œil) est 0,085; ce résultat rend compte de la loi de l'indépendance de l'intensité de la lumière émise par un segment de tube avec la direction.

La composition de la lumière émise par un tube à xénon excité en lumière blanche variant avec les conditions d'excitation, précisons que tous les résultats ci-dessus sont relatifs à des décharges d'un condensateur de 0,5 μF sous 4500 volts; le gradient de potentiel dans le gaz au début de la décharge étant de 170 volts/cm.

ÉLECTROLUMINESCENCE. — *Auto-absorption du spectre continu du xénon excité en* lumière blanche; *variation du coefficient d'auto-absorption avec la longueur d'onde.* Note (¹) de M. **François Gans**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait que les gaz rares et notamment le xénon sont susceptibles d'émettre en plus d'un spectre de raies un spectre continu intense (²).

La répartition spectrale de l'énergie de ce spectre continu dépend des conditions expérimentales d'excitation. Dans des conditions qui ont été précisées (³), cette répartition a été trouvée analogue à celle du corps noir à 3700° K.

Des expériences qualitatives très simples montrent que la répartition de l'énergie du spectre continu émis dans une direction dépend aussi de l'épaisseur du gaz excité mesurée suivant cette direction, dès que cette épaisseur cesse d'être faible ($< 2^{cm}$).

Des spectrogrammes (*fig.* 1), pris sur une même plaque, ont été obtenus en éclairant la fente d'un spectrographe avec un tube xénon (⁴), disposé, soit :

(¹) Séance du 26 juin 1939.

(²) M. Laporte, *Journ. de Physique*, 9, 1938, p. 228.

(³) F. Gans, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1009.

(⁴) Diamètre du tube 10^{mm}; pression 6^{mm} de mercure; longueur de la colonne observée 20^{cm}; champ maximum dans la colonne positive 170 v/cm.

1° normalement à l'axe de la lentille collimatrice du spectrographe (spectres 1-3-5 du cliché);

2° le long de cet axe (spectres 2-4-6), le centre de la colonne éclairante étant dans les deux cas à la même distance de la fente (80^{cm}).

En comparant deux spectrogrammes relatifs aux deux modes d'éclairement, on remarque que si les noircissements sont sensiblement égaux dans une certaine région du spectre, ils cessent de l'être dans les régions voisines : dans les spectres 1 et 2 par exemple, l'égalité est sensiblement réalisée dans l'orangé, les noircissements sont plus faibles dans le violet pour l'éclairage par le tube en bout (spectre 2) que pour l'éclairage par le tube émettant latéralement sous faible épaisseur (spectre 1).

La comparaison des enregistrements de ces spectrogrammes au micro-

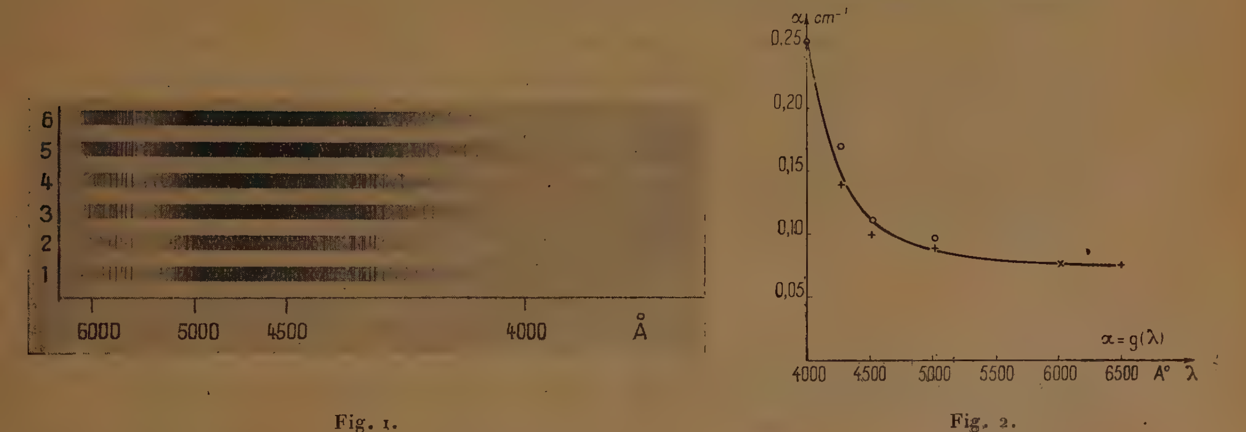


Fig. 1.

Fig. 2.

photomètre confirme que le gaz excité par la décharge absorbe ses propres radiations et que cette auto-absorption augmente quand la longueur d'onde diminue.

Dans la Note ci-dessus, M. Marcel Laporte indique une méthode de calcul, en fonction des coefficients d'auto-absorption, des éclairements e_1 et e_2 d'une plage illuminée par le tube dans les deux positions; de l'expression du rapport théorique

$$\rho(\alpha) = \frac{e_1}{e_2}, \qquad (1)$$

on peut déduire la valeur du coefficient d'absorption par une mesure expérimentale du rapport des éclairements.

La présente Note a pour but de montrer comment, lorsque, pour une longueur d'onde, on connaît ce rapport ainsi que le cœfficient d'absorption

correspondant, il est possible, par une méthode de spectrophotométrie photographique, de déterminer ces quantités pour différentes longueurs d'onde.

Nous remarquons que le rapport $\rho(\alpha) = e_1/e_2$ des éclairements de la fente du spectrographe est égal à celui des éclairements de l'image de cette fente sur la plaque. En faisant croître la largeur de la fente (par exemple comme les puissances successives de 2) on obtient en éclairage latéral une série de spectres de référence; les largeurs de fente sont d'ailleurs choisies suffisamment faibles pour que la largeur de l'image de la fente reste toujours petite par rapport à la longueur totale du spectre : dans ces conditions les éclairements $\varepsilon_{1\lambda}$ (provenant du spectre continu) correspondant à une même longueur d'onde varient, sur les différents spectres, comme les largeurs de fente utilisées.

Les enregistrements au microphotomètre de ces différents spectres fournissent une famille de courbes; d'autre part l'enregistrement de l'un des spectres obtenu sur la même plaque par éclairage en bout fournit une courbe d'allure légèrement différente de celles de la famille précédente.

La comparaison de ces courbes permet de déduire par les méthodes habituelles de la photométrie photographique le rapport

$$\frac{f(\lambda)}{f(\lambda_0)} = \left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)_\lambda : \left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)_{\lambda_0} = \left(\frac{e_1}{e_2}\right)_\lambda : \left(\frac{e_1}{e_2}\right)_{\lambda_0}$$

pour les différentes valeurs de λ; λ_0 étant une longueur d'onde de comparaison choisie arbitrairement.

Si le rapport $e_1/e_2 = f(\lambda_0) = \rho(\alpha_{\lambda_0})$ a été déterminé pour une longueur d'onde λ_0, on en déduit $f(\lambda)$, soit $\rho(\alpha_\lambda)$, d'où α_λ.

La longueur d'onde de comparaison choisie a été $\lambda_0 = 6000$ Å, pour laquelle $\alpha_{\lambda_0} = 0{,}075\ \text{cm}^{-1}$. D'autre part $f(4000\ \text{Å})/f(6000\ \text{Å}) = 1/2$, d'où, en se reportant à la courbe $\rho = \rho(\alpha)$, $\alpha_{4000} = 0{,}24\ \text{cm}^{-1}$.

La courbe (*fig.* 2) indique la variation de α en fonction de λ. Cette courbe met en évidence :

1° la variation très lente du coefficient d'auto-absorption entre 6500 Å et 5000 Å;

2° l'augmentation très rapide pour les courtes longueurs d'onde.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur deux exemples remarquables de non-additivité des effets photoélectriques de flux lumineux simultanés.* Note de M. **Georges Liandrat**, présentée par M. Jean Perrin.

Si l'on fait agir, sur une cellule photoconductrice au sélénium, un flux lumineux dont l'intensité est modulée entre o et φ et qu'on isole, amplifie et mesure la partie alternative i du courant qui traverse la cellule maintenue sous une différence de potentiel donnée, on peut tracer une courbe $i(\varphi)$ que nous appellerons la caractéristique de régime modulé pur. Elle est incurvée vers le bas, si φ ne reste pas très faible, mais elle l'est beaucoup moins que la caractéristique de régime continu et ses ordonnées restent notablement plus petites, ces deux modifications s'accentuant rapidement lorsque la fréquence de modulation s'élève des basses aux moyennes fréquences musicales. Si maintenant l'on superpose au flux modulé d'intensité faible φ, un flux continu Φ intense, les ordonnées de la courbe $i(\varphi)$ sont *multipliées* par un facteur qui est fonction croissante du flux surajouté Φ. Le phénomène a été découvert par Schönwald [1]. Est-il général ou particulier au sélénium ? Il m'a paru intéressant de le rechercher, pour des raisons sur lesquelles je reviens brièvement dans le dernier alinéa de cette Note.

J'ai étudié dans ce but le comportement d'une cellule au thallofide, substance artificielle dont la composition est à peu près celle d'un oxysulfure de thallium et qui possède des propriétés photoconductrices comparables à celles de la variété métallique du sélénium : la courbure de la caractéristique statique, et l'inertie en régime variable, y sont, notamment, du même ordre. Lorsqu'on fait croître progressivement l'intensité du flux Φ, les ordonnées de la courbe $i(\varphi)$ *s'abaissent*, d'abord très vite, puis de moins en moins vite, jusqu'au quart environ de la valeur qu'elles ont en régime modulé pur; puis elles *remontent*, si l'on continue à faire croître Φ. Cela paraît indiquer la *supervosition de deux effets* de sens opposés, qu'il faut essayer de modifier séparément. L'interposition d'une cuve d'eau sur le trajet du flux Φ semble faire reculer un peu le second effet par rapport au premier. Un courant d'air frais dirigé sur l'enveloppe de la

---

(1) *Ann. der Phys.*, 15, 1932, p. 419.

cellule agit plus nettement dans le même sens. On songe alors à remplacer l'eau par une solution de sulfate ferreux. Mais la substance photosensible est enfermée déjà dans une ampoule de verre rouge foncé qui la protège contre l'action destructive que la plus grande partie du spectre visible exercerait sur ses propriétés. Si devant ce filtre, on en place un autre, plus ou moins complémentaire, il n'est pas surprenant que l'on n'aboutisse qu'à diminuer les deux effets simultanément. Introduisant alors l'ampoule dans un manchon pourvu d'une fenêtre et rempli d'eau chaude, j'ai constaté que pour chaque valeur de φ, l'ordonnée i de la caractéristique de régime modulé pur est une fonction croissante et bien définie de la température. Elle est à peu près doublée lorsqu'on passe de 20 à 70° C.

Ne trouvant aucune mention de faits semblables dans le Mémoire de Schönwald, j'ai repris l'étude avec une cellule photoconductrice au sélénium : l'effet du flux surajouté est bien de sens opposé à celui qui se manifeste dans le cas du thallofide, et tout aussi considérable; l'influence de la température sur la sensibilité en modulé est par contre sensiblement nulle dans l'intervalle 0-70° C.

On peut essayer de partir de l'hypothèse suivante : en dépit des phénomènes *secondaires* ou prétendus tels, le comportement d'une substance photoconductrice en régime variable doit pouvoir se calculer à partir de la loi de recombinaison déduite de la forme de la caractéristique statique. On parvient à une équation différentielle dont la solution, dans le cas du régime périodique, peut être obtenue, par approximations successives, sous la forme d'une série de Fourier. L'influence du flux Φ sur la sensibilité en modulé est alors de sens négatif, mais faible et par conséquent n'explique ni l'un ni l'autre des effets observés avec les deux semi-conducteurs étudiés. On est donc obligé d'admettre qu'il apparaît dans le réseau des centres excités en nombre tel que les propriétés photoélectriques, ou bien encore les conditions de recombinaison des photoélectrons, en sont modifiées profondément. C'est peut-être tout le problème si complexe du comportement photoélectronique du sélénium qui deviendrait intelligible, si cette hypothèse pouvait être précisée. La première précision à fournir serait évidemment l'évaluation des niveaux, ou bandes de niveaux, correspondant à l'excitation. On voit maintenant l'importance du phénomène de Schönwald : il fournit un moyen de séparer les effets de deux flux dont rien n'empêche de faire varier séparément les positions spectrales. Parmi les phénomènes qui pourraient encore trouver là leur explication, signalons le

comportement des couples photoémissifs au sélénium très faiblement éclairés (²) et les effets non additifs de radiations différentes sur les couples à l'oxyde cuivreux (³).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur la nitroglycérine.* Note (¹) de MM. **Thadée Urbanski, Wladyslaw Malendowicz** et **Kamil Dybowicz.**

Deux d'entre nous (²) ont examiné la marche de la décomposition de quelques explosifs sous l'action du rayonnement de l'arc au mercure.

Ils avaient trouvé que la quantité d'oxydes d'azote NO et NO^2 dégagée pendant cette décomposition s'exprime en fonction du temps d'éclairage par des courbes qui se rapprochent de droites. Une analyse plus détaillée semble montrer que ces courbes ont plutôt l'allure exponentielle; le fait est surtout visible dans le cas de la nitroglycérine.

Au cours de nouvelles recherches nous avons trouvé un fait remarquable : la nitroglycérine, après avoir été soumise au rayonnement de l'arc au mercure, même pendant un temps relativement très court, se décompose spontanément jusqu'à une certaine limite, qui dépend de l'intensité de l'action des rayons.

L'exécution des essais était la suivante. Une mince couche de nitroglycérine, généralement 3^g, était placée dans un vase cylindrique de quartz plongé presque entièrement dans l'eau d'un thermostat qui maintenait la température à $14^\circ \pm 0^\circ,5$. Le vase était soumis d'un côté au rayonnement de l'arc au mercure, système Hanau. Nous avons quelquefois intercalé un filtre laissant passer les rayons entre 3200 et 4100 Å.

Après l'action du rayonnement, le tube a été retiré du thermostat et l'on y a prélevé de temps en temps des échantillons ($0^g,25$ ou $0^g,50$) qui ont été agités avec de l'eau (25 ou 50^{cm^3}). On a déterminé le pH de l'eau où s'étaient dissous les produits de la décomposition éventuelle de l'explosif.

Voici les valeurs observées après quelques éclairages de durée variable, à la distance *d*, avec ou sans filtre :

(²) H. C. Hamaker et W. F. Beezhold, *Physica*, 1, 1933, p. 119-122.
(³) Ch. Lapicque, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1301-1302.

(¹) Séance du 3 juillet 1939.
(²) T. Urbanski et W. Malendowicz, *Roczniki Chem.*, 18, 1938, p. 856.

Éclairage	60 min. $d = 7$ cm. sans filtre.	60 min. $d = 7$ cm. avec filtre.	30 min. $d = 8$ cm. avec filtre.	10 min. $d = 8$ cm. sans filtre.
Immédiatement après l'action de l'arc au mercure	5,62	6,86	6,80	6,24
1/2 heure après	–	–	6,88	6,14
1 heure »	5,48	6,48	–	–
3 heures »	5,43	6,40	–	–
4 » »		–	6,78	5,96
6 » »	5,08	6,12	–	–
10 » »	–	–	6,63	5,90
24 » »	4,32	4,66	6,57	5,70
48 » »	4,53	4,48	6,15	5,32
72 » »	4,99	5,22	5,96	5,44
120 » »	–	–	6,16	5,57
pH de l'eau	6,95	6,95	7,09	7,09

Ces résultats montrent clairement que la nitroglycérine, une fois irradiée par l'arc au mercure, se décompose spontanément peu à peu, même si l'on ne remarque pas de transformation nette aussitôt après l'éclairage. La décomposition est d'autant plus forte que l'action de la lumière a été plus accentuée. Au bout d'un certain temps (48 heures environ dans les cas envisagés) la décomposition s'arrête et l'acidité produite peut diminuer. Cette rétrogradation peut trouver son explication dans la formation d'acides organiques comme suite de réaction d'oxydation sous l'action du peroxyde d'azote.

Nous avons également examiné la résistance à la chaleur de la nitroglycérine non irradiée et irradiée (pendant 30 minutes, à la distance de 8^{cm}, à travers le filtre), et nous avons trouvé que l'explosif irradié se décomposait plus facilement.

Ainsi, la nitroglycérine étant projetée sur une plaque métallique portée à t°, l'explosion se produisait, pour $t = 245^{\circ}$, au bout de 1,6 seconde ou de 1,1 seconde, suivant que le produit n'avait pas été ou avait été irradié; pour $t = 270^{\circ}$, les retards correspondants étaient 0,4 seconde ou 0,25 seconde.

Dans l'épreuve Taliani-Goujon à 110°, la pression des produits de décomposition atteint 300^{mm} Hg au bout de 215 minutes dans le cas de la nitroglycérine non irradiée, et de 160 minutes avec le même produit irradié.

Enfin nous avons pu observer le même effet de décomposition spontanée après action des radiations de l'arc au mercure dans le cas d'autres esters nitriques explosifs, comme la nitroérythrite et la nitromannite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations des fontes austénitiques.* Note [1] de MM. **Jean Galibourg** et **Pierre Laurent**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'influence de cycles thermiques allant de —195° à 1100°, appliqués aux fontes austénitiques dont les compositions sont données dans le tableau ci-dessous.

Désignation de la fonte.	Carbone total.	Carbone graphitique.	Silicium.	Manganèse.	Chrome.	Cuivre.	Nickel,
	%	%	%	%	%	%	%
1.....	3,012	2,33	1,97	1,58	2,51	5,23	14,86
2.....	3,00	2,47	1,95	1,00	2,20	—	20,69
3.....	3,329	2,65	1,89	8,31	—	—	10,60
7.....	2,41	2,16	1,95	1,55	—	—	32,67

Les transformations, au cours des cycles thermiques imposés, ont été suivies au dilatomètre différentiel enregistreur, muni d'un dispositif spécialement étudié pour régler à volonté la vitesse de parcours du cycle imposé.

On a déterminé les variations du module d'élasticité, de la résistance au cisaillement, à la pénétration, à la flexion statique et dynamique et de l'aspect micrographique.

Les fontes 3 et 7, à l'état brut de coulée comme après chauffage au-dessus de 850° et refroidissement rapide ou lent, sont austénitiques à la température ordinaire et restent à cet état, lorsqu'on les refroidit à —195°. Les caractéristiques mécaniques demeurent sans changement.

Les fontes 1 et 2 subissent des transformations présentant quelques particularités :

Fonte n° 2. — Partant du métal brut de coulée, austénitique, un recuit à 850° avec chauffage et refroidissement lents, à la vitesse de 80° à l'heure, ne modifie pas sensiblement les caractéristiques mécaniques ni l'aspect micrographique. Un refroidissement lent de +20° à —195° produit, à partir de — 60°, la transformation martensitique, avec forte augmentation de volume.

---

[1] Séance du 3 juillet 1939.

Le métal, de retour à la température ordinaire, est magnétique.

L'examen micrographique confirme la transformation d'une partie de l'austénite en martensite. La dureté à la bille Rockwell augmente de 50 unités. La résistance à la flexion et au cisaillement croît de 75 à 100 % et le module d'élasticité s'abaisse de 9000 à 6500, en moyenne.

Par réchauffage, la martensite redonne de l'austénite à partir de 460°. Le magnétisme disparaît, le module d'élasticité et les autres caractéristiques mécaniques reviennent vers leurs valeurs initiales. *Mais l'austénite formée à partir de la martensite, garde la forme de ce constituant. De plus, le réactif d'attaque la colore rapidement et elle apparaît sous la forme d'aiguilles fortement teintées sur le fond plus clair de l'austénite primitive.*

Le même cycle de transformations se reproduit si l'on répète le cycle thermique.

Si le réchauffage au delà de 850° est suivi, non plus d'un refroidissement lent, mais d'un refroidissement rapide, par trempe à l'eau ou à l'air, la transformation martensitique ne se produit plus au refroidissement dans l'azote liquide.

Fonte n° 1. — Cette fonte se comporte en tous points comme la fonte n° 2, mais le début de la transformation martensitique, au refroidissement, est + 50°.

L'influence de la température de chauffage et de la vitesse de refroidissement, sur la disparition de la transformation martensitique au refroidissement, a été étudiée au cours d'essais résumés dans le tableau suivant :

Mode de refroidissement avant immersion dans l'azote liquide (— 195°).	Température de chauffage					
	850°.		950°.		1050°.	
	Fonte n° 1.	Fonte n° 2.	Fonte n° 1.	Fonte n° 2.	Fonte n° 1.	Fonte n° 2.
Refroidissement dans le four....	magn.	magn.	magn.	magn.	magn.	magn.
Refroidissement à l'air.......	magn.	magn.	magn.	magn.	*n. magn.*	*n. magn.*
Trempe à l'eau.	magn.	magn.	*n. magn.*	*n. magn.*	*n. magn.*	*n. magn.*

magn., magnétique; *n. magn.*, non magnétique.

Ces austénites se comportent donc différemment, lors d'un refroidissement ultérieur dans l'azote liquide, suivant les conditions qui ont présidé à leur formation.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les phosphates basiques de glucinium et de zinc.* Note (1) de M. **Adrien-André Sanfourche**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Phosphate de glucinium. — Nous avons recherché par des méthodes analogues à cellés antérieurement exposées à propos du magnésium (2) si le glucinium est susceptible de fournir un phosphate basique de composition définie pouvant être considéré comme une hydroxyapatite.

1° Le procédé consistant à traiter une solution de phosphate trisodique par une solution basique d'un sel de glucinium se présente comme particulièrement facile, vu la grande propension du glucinium à former des sels basiques solubles. A une solution de nitrate de glucinium, on ajoute de l'hydroxyde fraîchement précipité jusqu'à atteindre une teneur de 7^g GlO libre par litre; on la fait réagir sur une solution de phosphate trisodique soit dans la proportion correspondant à la formation de l'hydroxyapatite, soit en proportion trois fois plus élevée, de manière à se trouver en grand excès de glucine. Les précipités obtenus sont lavés et séchés à froid dans le vide. Ils ont alors pour composition l'un $(PO^4)^2Gl^3$, $7\,Gl(OH)^2$, $3\,H^2O$, l'autre $(PO^4)^2Gl^3$, $4{,}4\,Gl(OH)^2$, $4\,H^2O$, ce qui ne correspond à aucun composé défini, mais à de simples mélanges de phosphate neutre et d'hydroxyde.

2° La méthode de Klement (3) consiste à faire agir la soude sur le phosphate neutre jusqu'à obtention d'un composé défini, et vérifiant que celui-ci ne se modifie pas sous l'action d'un excès de soude. Nous avons utilisé un phosphate préparé par double décomposition qui, séché à froid dans le vide, a pour composition $(PO^4)^2Gl^3$, $5{,}75\,H^2O$. $2^g{,}88$ de ce produit ont été traités par la soude $0{,}1\,n$ en présence de phtaléine, à l'ébullition dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux. Si l'on admet la formation d'hydroxyapatite suivant

$$(1)\quad 10(PO^4)^2Gl^3 + 4NaOH + 2H^2O \rightarrow 3[3(PO^4)^2Gl^3,\ Gl(OH)^2] + 2PO^4HNa^2,$$

cette réaction doit consommer 36^{cm^3} de soude. Or, en ajoutant la soude par portions successives jusqu'à ce que la coloration rose persiste, on constate

(1) Séance du 26 juin 1939.

(2) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 201.

(3) *Z. anorg. Chem.*, **237**, 1938, p. 161.

que la réaction ne s'arrête qu'après en avoir consommé 180^{cm^3}, pour une durée d'ébullition de 16 heures.

Le précipité, de structure microcristalline, est analysé après séchage à froid dans le vide; on y constate la présence de sodium, ce qui indique qu'il s'agit d'un sel double.

	I.	II.			I.	II.
P^2O^5 (%)	42,35	42,15	soit	PO^4 (%)	56,65	56,40
GlO	23,25	23,10		Gl	8,37	8,31
Na^2O	15,60 (par diff.)	15,60 (dosé)		Na	11,57	11,50
H^2O	18,80	18,80		H^2O	18,80	18,80
	100	99,65				

Composition.

P^2O^5, 3,11 GlO, 0,85 Na^2O, 3,5 H^2O ou $(PO^4)^2Gl^3$, 0,11 $Gl(OH)^2$, 1,70 Na^2O, 2,5 H^2O.

La basicité totale est très voisine de 8 pour $2PO^4H^3$, ce qui correspond à un sel tétrabasique de l'acide phosphorique, dont on connaît d'autres exemples; on a donc obtenu un phosphate double qui est sensiblement $(PO^4)^2Gl^3$, 2NaOH, 2,5H^2O, dont la réaction de formation

$$(2) \qquad (PO^4)^2Gl^3 + 2NaOH \rightarrow (PO^4)^2Gl^3,\ 2NaOH,\ aq.$$

exige cinq fois plus de soude que l'équation (1) n'en comporte, conformément à l'expérience.

L'eau de ce composé est entièrement éliminée avant 500° et ne peut être considérée comme étant de constitution.

Phosphate de zinc. — Les mêmes méthodes ont été appliquées au cas du zinc. L'oxyde de zinc dissous dans une solution concentrée de chlorure permet d'atteindre une concentration de 5^g ZnO par litre. Par réaction entre le phosphate trisodique et des volumes croissants de cette solution, on forme des précipités dont la basicité varie avec la proportion d'oxyde de zinc introduite, et qui ne sont par conséquent que des mélanges de phosphate neutre et d'hydroxyde.

La méthode par action d'une solution de soude sur le phosphate neutre a été ensuite essayée avec un corps répondant à la composition $(PO^4)^2Zn^3$, 5,5H^2O. Cinq grammes ont été traités par la soude 0,1 *n* à l'ébullition jusqu'à ce que celle-ci ne diminue plus de titre et que la composition du précipité ne varie plus; elle est alors pour le produit séché à froid P^2O^5, 3,7ZnO, Na^2O, 2,8H^2O, ou $(PO^4)^2Zn^3$, 0,7$Zn(OH)^2$, 2NaOH, H^2O.

Il s'est formé un phosphate double dont la basicité totale dépasse 4; on

ne peut l'admettre comme composé défini, mais tout au plus supposer que l'on a affaire à un orthophosphate tétrabasique de zinc et de sodium, souillé d'hydroxde de zinc.

Conclusions. — Nous n'avons pas réussi à former les hydroxyapatites de glucinium et de zinc en appliquant les méthodes permettant d'obtenir les composés correspondants de lithium, calcium, strontium et magnésium. C'est un caractère de plus s'ajoutant à ceux qui contribuent à éloigner le glucinium du magnésium et des alcalino-terreux, qui l'accompagnent cependant dans le deuxième groupe de la classification périodique.

Par contact prolongé du phosphate neutre de glucinium avec une solution de soude à l'ébullition, on obtient un phosphate tétrabasique de glucinium et de sodium, de composition $(PO^4)^2Gl^3$, $2NaOH$, $2,5H^2O$. La même méthode appliquée au phosphate de zinc ne paraît conduire à aucun composé défini.

MÉTALLURGIE. — *Propriétés mécaniques après durcissement structural des alliages aluminium-magnésium-zinc à faible teneur en magnésium et en zinc.* Note [1] de MM. **Jean Hérenguel** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons déjà indiqué [2] que l'addition de faibles quantités de zinc à la solution solide aluminium-magnésium confère à celle-ci la propriété de subir par revenu un durcissement structural. Comme l'un de nous, en collaboration avec Paul Lacombe, l'a montré [3], ce durcissement est surtout mis en évidence par l'accroissement important de la limite élastique.

Dans cette Note nous étudions l'influence sur ce phénomène de la composition de l'alliage, du temps et de la température de revenu. Dans l'état trempé, le zinc a pour effet d'augmenter faiblement les caractéristiques mécaniques de la solution solide aluminium-magnésium; cette propriété permet la mise en œuvre facile de ces alliages ternaires. Le premier diagramme triangulaire de la figure 1 donne, en fonction de la compo-

---

(1) Séance du 3 juillet 1939.

(2) Procès-verbal de la réunion du 9 décembre 1938 de la Commission française de Corrosion de l'Aéronautique.

(3) P. Lacombe et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1731.

sition, la variation de la charge de rupture de la solution solide trempée. Le second diagramme de cette figure indique la variation des caractéris-

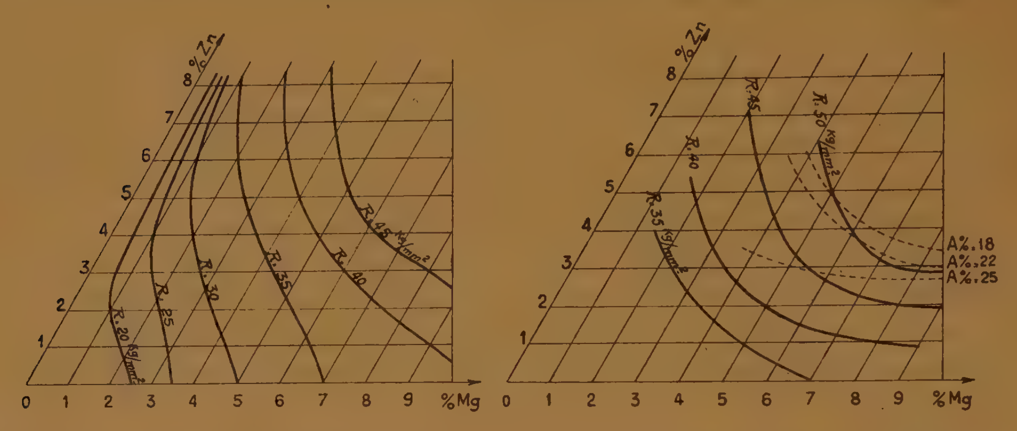


Diagramme n° 1. — Charge de rupture, mesurée immédiatement après trempe, des alliages Al, Mg, Zn corroyés.

Diagramme n° 2. — Charges et allongement de rupture des alliages Al, Mg, Zn corroyés, trempés et durcis à la température ambiante.

Fig. 1.

tiques mécaniques en fonction de la composition, mais après revenu à la température ambiante.

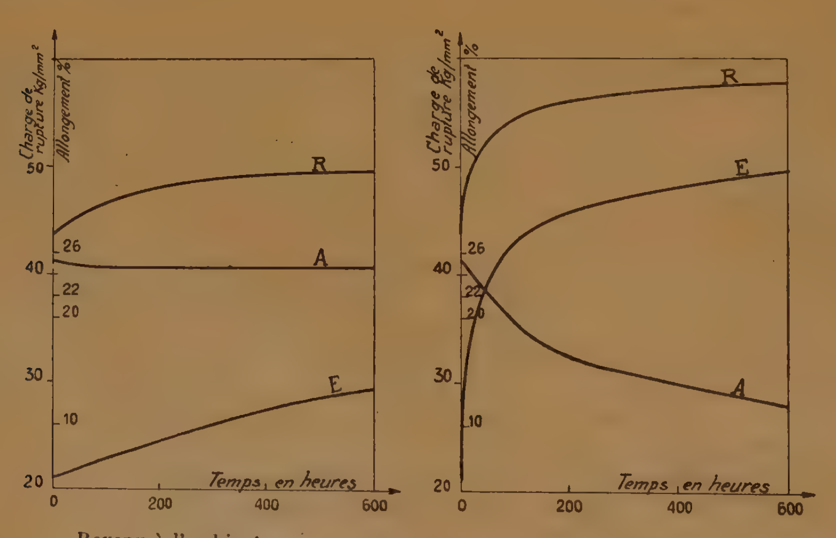


Fig. 2. — Charges et allongements de rupture en fonction du temps de revenu.

De l'examen de ces deux diagrammes on peut immédiatement déduire que des alliages contenant 6 % environ de magnésium et 3 % environ de

zinc, sont relativement mous et ductibles après trempe, mais après revenu à la température ambiante ils possèdent des caractéristiques mécaniques plus élevées que celles des alliages légers actuellement connus : par exemple 50 kg/mm² de charge de rupture, tout en conservant plus de 20 °/₀ d'allongement.

Au cours du vieillissement la charge de rupture et la limite élastique croissent en fonction du temps de revenu pendant que l'allongement de rupture décroît (voir courbes de la figure 2). L'accroissement de la température de revenu jusqu'à 150° a pour effet d'augmenter très sensiblement la vitesse d'établissement du durcissement structural et également les limites atteintes. Il est important de remarquer que le revenu à 100° permet d'obtenir 56 kg/mm² pour la charge de rupture et plus de 45 kg/mm² pour la limite élastique.

Ces alliages ternaires préparés à partir de métaux purs possèdent une résistance à la corrosion égale à celle des alliages aluminium-magnésium.

Il est enfin intéressant de signaler la stabilité et la résistance à la fatigue très élevée de ces solutions solides après revenu. Toutes ces caractéristiques seront indiquées dans un Mémoire plus étendu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de l'attaque sulfurique de la triméthylarsine et de quelques sels d'arsonium quaternaires.* Note de M. **Georges Petit**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons montré précédemment le mécanisme de dégradation, par l'acide sulfurique concentré (D = 1,83), des acides monométhyl- et diméthylarsiniques [1] du méthylarsenic et de l'oxyde de méthylarsine [2]. Nous avons étudié dans les mêmes conditions la dégradation de la trimétylarsine et de quelques sels d'arsonium quaternaires.

I. *Triméthylarsine.* — L'oxydation des arsines tertiaires en oxyde d'arsine est connue. Nous avons précisé celle de la triméthylarsine. Jusqu'à 250°, il se produit une oxydation ménagée ; il se dégage une molécule d'anhydride sulfureux pour une molécule d'arsine. L'absence de CO^2 montre qu'il n'y a pas d'oxydation des groupements carbonés. Cette réaction est lente à la température ordinaire, complète à 150° en 40 minutes environ, instan-

(1) G. Petit, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 322.
(2) G. Petit, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 150.

tanée à 250°. Elle peut s'écrire

(1) $(CH^3)^3 \equiv As + SO^4H^2 = (CH^3)^3 \equiv AsO + OH^2 + SO^2.$

L'oxyde d'arsine a été isolé par épuisement au chloroforme, après neutralisation et caractérisé par une analyse complète.

L'étude de la dégradation de l'arsine revient donc, à plus haute température, à celle de son oxyde.

II. *Oxyde de triméthylarsine.* — Stable jusqu'à 250°, attaqué lentement à 280°, il est détruit quantitativement à 320° en 45 minutes en accord avec l'équation

(2) $(CH^3)^3 \equiv AsO + 11\,SO^4H^2 = As(OH)^3 + 3\,CO^2 + 14\,OH^2 + 11\,SO^2$

vérifiée, ainsi que toutes les équations du même type, en dosant l'anhydride arsénieux et l'anhydride sulfureux. Le rapport SO^2/As, établi après une attaque incomplète, donne une valeur égale à celle de l'équation (2), rendant ainsi invraisemblable l'existence de termes intermédiaires; d'ailleurs nos observations antérieures avaient montré la stabilité plus faible des arsines moins substituées. La première déméthylation entraîne, au fur et à mesure, toute la dégradation; sa vitesse est celle de la destruction. Remarquons que l'oxydation ne se produit pas avant la coupure, car la valeur du rapport $SO^2/(As\ triv.)$ n'est jamais supérieure à celle indiquée par l'équation (2).

III. *Sulfate de tétraméthylarsonium.* — Stable à 280°, il est détruit à 320° en 6 heures environ. Il n'y a pas de terme intermédiaire. Nous avons vérifié l'équation

(3) $[(CH^3)^4 \equiv As] - OH + 15\,SO^4H^2 = As(OH)^3 + 4\,CO^2 + 20\,OH^2 + 15\,SO^2.$

IV, *Sulfate de triméthylhydroxyéthylarsonium.* — Nous avons établi l'équation

(4) $\left[\begin{matrix}(CH^3)^3 \searrow \\ HO\,H^2C - H^2C \nearrow\end{matrix} As\right] - OH + 17\,SO^4H^2 = As(OH)^3 + 5\,CO^2 + 23\,OH^2 + 17\,SO^2.$

A 320° ce sulfate, moins stable que le précédent, est détruit en 45 minutes environ; donc avec une vitesse égale à celle de l'oxyde de triméthylarsine.

A 250° l'arsenic reste pentavalent et lié à des groupements organiques, mais il se dégage, après 8 heures de chauffe, 6 molécules d'anhydride

sulfureux par molécule d'arsine, et l'oxyde de triméthylarsine, stable dans ces conditions, peut être isolé. Ces résultats montrent que le mécanisme de destruction se dissocie en quatre phases :

a. Départ du groupement $-CH^2-CH^2OH$ suivant le schéma

$$\left[\begin{matrix}(CH^3)^3 \\ HO\,H^2C-H^2C\end{matrix}\!\!>\!As\right]-OH = (CH^3)^3{\equiv}As + \begin{matrix}CH^2OH \\ | \\ CH^2OH\end{matrix}$$

b. Destruction immédiate du groupement carboné libéré suivant l'équation

$$\begin{matrix}CH^2 \\ | \\ CH^2OH\end{matrix} + OH + 5\,SO^4H^2 = 5\,SO^2 + 2\,CO^2 + 8\,OH^2$$

Cette réaction a été vérifiée par l'étude de l'attaque sulfurique du glycol; elle est plus rapide que la précédente.

c. Oxydation immédiate de la triméthylarsine.

d. Destruction de l'oxyde formé suivant le processus déjà étudié plus haut.

V. *Sulfate de triméthylcarboxyéthylarsonium*. — Les résultats sont comparables aux précédents, avec cette seule différence que la quantité d'anhydride sulfureux dégagée à 250° après 8 heures ne nous indique pas la nature du groupement éliminé, le radical $-CH^2-COOH$ demandant la même quantité d'oxygène pour sa combustion que le radical $-CH^3$.

L'équation de destruction est

$$(5)\qquad \left[\begin{matrix}(CH^3)^3 \\ HOOC-H^2C\end{matrix}\!\!>\!As\right]-OH + 15\,SO^4H^2 = As(OH)^3 + 5\,CO^2 + 20\,OH^2 + 15\,SO^2.$$

En résumé, dans la destruction de la triméthylarsine on distingue deux phases : tout d'abord une phase d'oxydation, puis ensuite une phase de destruction proprement dite sans terme intermédiaire.

L'attaque de sulfate de tétraméthylarsonium est très lente et directement intégrale. Les sulfates d'arsonium dissymétriques présentent plusieurs stades dans leur destruction; il y a dégradation, puis destruction du groupement carboné libéré d'une part, et, d'autre part, formation de triméthylarsine dont la minéralisation s'effectue suivant le mécanisme que nous avons étudié plus haut.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie et la paléontologie du Lias des environs de Tchépone (Bas-Laos).* Note [1] de M. **Josué H. Hoffet** et Mme **Dorothée Le Maitre**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La topographie du Bas-Laos est caractérisée aux environs de Tchépone par de hautes falaises gréseuses, dans lesquelles un conglomérat à quartz laiteux indique la transgression crétacique. La présente Note traitera de la stratigraphie et de la paléontologie des terrains sous-jacents qui étaient considérés jusqu'à présent, avec doute, comme liasiques. Elle confirmera cet âge.

Le Lias est constitué essentiellement de terrain rouge, grès rouges, grès bleus avec quelques intercalations de calcaires ou de schistes. Il n'y a que ces deux dernières formations qui soient fossilifères.

Ainsi à Ban Kater sur la Sé Bang Hieng, un schiste calcaire gris, intercalé dans du terrain rouge, avait fourni, à côté de pélécypodes indéterminables, des écailles et des dents de poissons. Grâce à l'étude de Guttorsen [2], sur l'histologie des dents de poissons ganoïdes, ces fossiles ont pu être attribués au genre *Lepidotus s. str.*, connu seulement depuis le Lias.

Les coupes de dents montrent que la dentine présente, à sa partie supérieure et sur les côtés, deux méplats; elle supporte un chapeau en dentine modifiée, fixé par un anneau d'émail. Chapeau et émail, ayant une biréfringence différente, se distinguent bien en lumière polarisée. Ces caractères sont propres au genre *Lepidotus*.

Le même gisement vient de fournir une dent d'*Acrodus*, une dent conique et cannelée de Plésiosaure, ainsi qu'une plaque osseuse crânienne, non encore déterminée.

Par dessus ces terrains, on trouve à Ban Nong Luang, au pied de la falaise, dans un petit affluent de droite de la Sé Tamok, sur un terrain rouge typique, un banc calcaire à algues marines supportant un calcaire franc, puis une lumachelle à *Alectryonia vallala* Dumortier.

Ces algues marines sont en nodules de forme aplatie ou discoïde quand elles sont petites, sphérique ou conique quand elles sont grandes. Leurs dimensions varient : 3,5 à $9^{cm},2$ de long, 2,5 à $9^{cm},8$ de large et 1 à 7^{cm} de hauteur.

---

(1) Séance du 3 juillet 1939.

(2) *Mém. Soc. Paléontologique suisse*, **60**, article II, Bâle, 1937.

Elles sont formées d'un calcaire noir à grain très fin. Un nodule scié et poli permet d'étudier le mode de végétation de l'algue : celle-ci s'est développée sur un corps étranger, autour duquel elle s'est accrue en éventail formant un ensemble de petites *bouffées de pipe* à structure zonaire très accusée. La colonie semble présenter des ramifications entre lesquelles s'est déposé un sédiment dont la couleur jaune met en évidence le tissu noir de l'algue.

En lames minces, on voit des touffes denses de tubes pas toujours contigus, de calibre régulier sur tout leur parcours; ils ne présentent pas de cloisons; leur diamètre est voisin de 30^{μ}, plutôt inférieur, et de section circulaire. Ces tubes, peu flexueux, peuvent se suivre dans toute la largeur d'une zone mais non d'une zone à l'autre, car la structure n'est pas conservée en ces points limites. Les ramifications de tubes sont rares sur les lames minces étudiées; cependant, celles qui ont pu être observées sont toujours dichotomiques et quelques-unes à angle assez ouvert.

De ces observations, il résulte que ces algues sont, sans aucun doute, des Codiacées présentant tous les caractères de la sous-famille des Mitcheldeaniées récemment définie par Pia (³). Le mode de division des tubes les rapproche des genres connus : *Orthonella* et *Cayeuxia* sans qu'il soit possible de préciser davantage actuellement; ce peut être aussi un genre nouveau. Une étude plus détaillée nous fixera sur ce dernier point.

Conclusions. — Nous sommes ici en présence d'une mer liasique essentiellement néritique, caractérisée par des dépôts sédimentaires de couleur rouge, dans lesquels les lits fossilifères calcaires ou schisteux font exception.

Trois enseignements se dégagent, au point de vue stratigraphique, de ces observations :

1° à côté des terrains rouges antécambriens, dévoniens, triasiques et crétaciques, il existe en Indochine des terrains rouges liasiques, qui ne peuvent être séparés que par des arguments d'ordre stratigraphique ou paléontologique;

2° la mer liasique reconnue sur les côtes du Centre et du Sud Annam, en Cochinchine et dans le Bas-Laos méridional, remontait, au moins, jusqu'à la limite septentrionale de la feuille de Hué;

(³) *C. R. Congrès Stratigraphie carbonifère Heerlen*, **2**, 1937, p. 786.

3° le Lias, probablement supérieur, supporte dans cette partie de l'Indochine directement le Sénonien;

4° à mesure que les recherches s'étendent, la présence d'algues calcaires formant par leur accumulation des bancs noduleux s'avère comme étant l'un des faciès constants parmi les sédiments de bordure d'une mer en voie d'avance ou de retrait.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Turonien dans l'Ouest du bassin de Dieulefit.* Note de M. **Jacques Sornay**, présentée par M. Charles Jacob.

Depuis E. Fallot (1) et V. Paquier (2), on admet que dans l'Ouest du bassin de Dieulefit le Turonien manque et que les calcaires gréseux blanchâtres à *Micraster decipiens* Bayle reposant sur le Cénomanien représentent le Coniacien.

Des explorations récentes m'ont permis de préciser la coupe du Crétacé supérieur dans la région de Rochefort-en-Valdaine et du Colombier, à une douzaine de kilomètres au Sud-Est de Montélimar, et la découverte dans les calcaires gréseux à *Micraster* d'une faune d'Ammonites m'a montré que ces couches représentaient non le Coniacien, mais l'Angoumien.

La coupe suivante, prise dans le ravin de Jamot, montre au-dessus des sables jaunâtres et grès susaptiens :

1° Sables gris blanc verdâtre à petites concrétions ferrugineuses et stratification entrecroisée; 20m.

2° Grès durs grossiers jaunâtres; 2-3m.

3° Grès devenant progressivement plus calcaires, avec plaques de silex brun ou rose; 10m.

4° Calcaires gréseux blanchâtres à *Micraster* et rares silex à la base; 60-80m.

5° Grès jaunes très grossiers; 15-20m.

Les couches 1 sont ici sans fossiles, mais plus au Sud-Ouest, vers la maison Besson, on y trouve *Turrilites costatus* Lam. Elles représentent donc bien le Cénomanien supérieur.

Les couches 2 et 3 sont sans fossiles, mais dans les calcaires gréseux blanchâtres 4 se trouve la faune suivante : *Austeniceras Austeni* Sharpe, *Schloenbachia Germari* Reuss, *Pachydiscus peramplus* Mant., *Pachydiscus* aff. *rhodanicus* Rom. et Maz., *Scaphites* aff. *Geinitzi* d'Orb., *Inoceramus striato-concentricus* Gümb., *Inoceramus* aff. *plicatus* d'Orb. var. *hercynica* Petr., *Ostrea eburnea* Coq., *Terebratula* aff.

(1) *Ann. des Soc. Géol.*, 18, 1885, p. 1 à 262.

(2) *Trav. Lab. Géol. de Grenoble*, 5, 1889-1900, p. 149 à 556.

carnea Sow., *Micraster beonensis* Lamb. (³), *Micraster decipiens* Bayle, *Sternotaxis planus* Mant., *Cardiotaxis Cotteaui* d'Orb.

Les grès jaunes grossiers qui terminent la coupe renferment la même faune d'Oursins et de Térébratules et ils m'ont fourni en outre un fragment de *Prionotropis Bravaisi* d'Orb.

Ainsi, par leur faune d'âge turonien supérieur les couches 4 et 5 peuvent être considérées comme angoumiennes, le Ligérien étant très probablement représenté par 2 et 3.

Cette faune angoumienne est intéressante par ses affinités nettement nordiques. Il est à remarquer en outre que des fragments peu déterminables, se rapportant peut-être à *Pachydiscus Vaju* Stol., indiqueraient des affinités avec l'Inde. Dans tous les cas cette faune, fort différente de celle vivant alors en Provence méridionale, est un argument en faveur de la séparation complète par l'isthme durancien du domaine de la moyenne vallée du Rhône, en large communication avec la mer alpine, et de la mer du golfe pyrénéo-provençal.

Il est curieux également de voir *Micraster decipiens* Bayle, forme coniacienne dans le bassin de Paris, faire son apparition ici dès le Turonien supérieur.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Parasites atmosphériques dans les régions australes*. Note [1] de MM. **Robert Bureau** et **M. Douguet**, présentée par M. Charles Maurain.

I. A l'occasion d'une croisière dans l'Océan Austral de l'aviso *Bougainville*, au cours de l'été austral 1938-1939, un ensemble récepteur d'atmosphériques, avec enregistrement statistique, analogue à ceux en fonction depuis plusieurs années en France et en Afrique du Nord, avait été installé à bord de ce bâtiment à son départ de Madagascar, et réglé sur une fréquence voisine de 27 Kc/s.

Le *Bougainville* effectuait, après avoir touché Durban en Afrique du Sud, le périple des archipels austraux, Marion, Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam, puis faisait escale à la Réunion et à Maurice, avant

---

(³) Je dois à M. J. Lambert la détermination des Échinides cités dans cette Note.

(¹) Séance du 3 juillet 1939.

de regagner sa base de Diégo-Suarez. La faible durée de la croisière était compensée par l'intérêt de cet itinéraire et la série d'enregistrements obtenus fournit quelques renseignements sur les sources d'atmosphériques dans cette partie de l'hémisphère austral.

II. Plusieurs faits attirent tout d'abord l'attention :

1° On retrouve la forme classique des enregistrements de l'hémisphère Nord, caractérisée par un maximum nocturne complété parfois par un maximum d'après-midi.

2° Malgré une augmentation de la sensibilité de l'appareil, le maximum nocturne s'aplatit, c'est-à-dire que la quantité d'atmosphériques reçus diminue à mesure que le *Bougainville* gagne le Sud et l'Est.

3° Simultanément le maximum d'après-midi, dû surtout à la propagation directe, s'atténue très vite pour disparaître complètement à partir des Kerguelen et ne reprendre qu'entre Saint-Paul et la Réunion.

Ces deux derniers faits, bien que très simples, indiquent d'une façon nette, d'une part qu'il n'y a pas de sources maritimes, d'autre part que le *Bougainville* s'éloigne des sources en gagnant le Sud et l'Est, c'est-à-dire en s'éloignant du continent Sud-Africain.

III. Nous avons analysé les courbes d'une manière plus détaillée, en tenant compte des heures de début et de fin du maximum nocturne et de leurs retards respectifs par rapport au coucher et au lever du Soleil dans l'ionosphère.

Cette analyse donne les résultats suivants :

1° Pendant la première partie de la croisière les atmosphériques nocturnes surgissent brusquement, un temps relativement court (45 minutes environ) après le coucher du Soleil; nous avons donc affaire à des sources peu éloignées dans l'Est ([2]).

Au cours de cette même période une diminution nette des atmosphériques nocturnes précède d'un temps très court la chute de la courbe au lever du Soleil. Les sources de fin de nuit sont donc relativement proches et occidentales.

Ceci s'accorde avec la présence de sources vers le Nord, sur le continent Sud-Africain et Madagascar.

2° A partir des Crozet, l'apparition des atmosphériques nocturnes se

([2]) Ces expressions Est et Ouest doivent être entendues, par rapport non au méridien du navire, mais au grand cercle d'ombre, qui est incliné sur l'équateur de la valeur de la déclinaison solaire et en sens inverse le matin et le soir.

produit longtemps après le coucher du Soleil, avec un retard qui atteint 1 heure 30 minutes aux Kerguelen et dépasse 2 heures à Saint-Paul-Amsterdam. Nous sommes donc passés très à l'Est des sources, qui se placent nettement sur le continent Sud-Africain.

La chute de la courbe au lever du jour n'est d'ailleurs plus précédée d'aucune diminution sensible, ce qui montre qu'il n'y a plus de sources vers l'Est.

La forme même de l'apparition du maximum nocturne confirme ce qui précède car, plus les sources sont éloignées vers l'Ouest, et plus cette apparition doit être lente. Or, au début de la croisière, l'apparition est brusque (sources à peu près sur le méridien du navire), ensuite elle devient lente (sources franchement à l'Ouest).

Il est assez inattendu de constater que même à Saint-Paul et Amsterdam, qui sont à mi-chemin des grands foyers d'orages d'Afrique et des îles de la Sonde, l'on n'observe aucun effet de ce dernier foyer, le premier seul se faisant sentir. Il faut peut-être voir là l'effet d'un amortissement rapide des foyers orageux de Malaisie au cours des deux heures qui suivent le coucher du Soleil.

MYCOLOGIE. — *Sur l'hétérothallisme du* Saccharomycodes Ludwigii. Note de Mlle **Jane Manuel**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

On sait que les Levures haplobiontiques et haplodiplobiontiques sont homothalliques. Le *Saccharomycodes Ludwigii* est diplobiontique; dans cette Levure, les asques renferment constamment 4 ascospores disposées en deux paires unies chacune par une lame réfringente, reste de l'épiplasme. Les ascospores, au moment de germer, se conjuguent deux à deux formant ainsi des zygotes, point de départ des cellules diploïdes qui donneront des asques. Or cette conjugaison se produit presque toujours entre les deux ascospores d'un même couple, et Guilliermond a émis l'hypothèse que la ségrégation des sexes serait génotypique : il y aurait hétérothallisme. La vérification n'en était possible que par confrontation des ascospores isolées d'un asque. Nous nous disposions à publier les résultats de nos recherches, commencées il y a deux ans, d'abord avec l'aide de M. de Fonbrune, lorsque nous avons eu connaissance d'un travail analogue et récent de Winge et Laustsen (1).

---

(1) *C. R. du Lab. Carlsberg*, **22**, 1939, p. 357.

Ces auteurs, par des séparations d'ascospores, ont montré que celles-ci germent sans se conjuguer et donnent des cellules haploïdes qui présentent des caractères différents selon qu'elles proviennent de l'une ou de l'autre des ascospores d'un couple; ils ont admis que la Levure renferme les 4 gènes N*n* L*l*; 2 ascospores d'un même couple possèdent l'une les gènes NL, l'autre les gènes *nl*, d'où hétérothallisme. Nos recherches suivant une méthode toute différente ont consisté à confronter les 4 ascospores isolées d'un asque pour voir si elles se conjuguent ou non. Ainsi, bien qu'elles confirment celles de Winge et Laustsen relatives à l'hétérothallisme, elles les complètent d'une manière intéressante et doivent être publiées.

Huit à 9 pour 10 des ascospores, isolées au moyen du micromanipulateur de de Fonbrune, germent, les autres étant lésées ou mal conformées. Nous avons, comme Winge et Laustsen, isolé les 4 ascospores d'un asque et obtenu leur culture en chambre humide : 2 ascospores germent en donnant de nombreuses cellules, tandis que les 2 autres se gonflent sans bourgeonner et ne produisent que 3 ou 4 cellules, même en présence d'un excès d'aliment. Il existerait donc, dans un asque, 2 ascospores moins vigoureuses que les autres.

Cette différence se retrouve dans les colonies géantes provenant des 4 ascospores isolées d'un même asque : 2 ascospores donnent de minuscules colonies formées de cellules hypertrophiées, tandis que les 2 autres produisent des colonies semblables à celles obtenues à partir de cellules diploïdes, celles-ci ont la forme d'un cône plus élevé. Sur moût de bière, les cellules issues d'ascospores isolées croissent un peu moins vite que les cellules diploïdes provenant de zygotes. Ces formes haploïdes se distinguent des diploïdes par certains caractères : leurs cellules sont parfois un peu plus petites ou beaucoup plus grosses pour celles provenant des ascospores à croissance faible; les cellules ont une membrane plus mince et des vacuoles plus nombreuses; elles forment rapidement des pseudo-mycéliums, se remplissent de granulations lipidiques et dégénèrent assez vite. Ces cellules ne sporulent jamais.

En confrontant les cellules provenant de cultures monospores, nous n'avons jamais pu constater la formation de zygotes. Au contraire, si l'on place des ascospores isolées d'un asque à une distance de 5 à 10 μ l'une de l'autre, ce que n'ont pas fait Winge et Laustsen, on obtient souvent leur conjugaison; celle-ci ne s'effectue plus si les ascospores ont commencé à germer isolément, ou si l'on confronte une ascospore avec une cellule haploïde provenant de la germination d'une ascospore quelconque. Nos

recherches établissent donc ce fait, non démontré par Winge et Laustsen, que la conjugaison ne peut se produire qu'entre les ascospores elles-mêmes et que leur caractère sexuel se perd au cours de la germination.

Ainsi donc, l'absence de sporulation des cultures monospores ne signifie pas que la Levure est hétérothallique. Afin de résoudre le problème, il fallait confronter un grand nombre d'ascospores, ce que n'ont pas réalisé les auteurs danois. Les confrontations ont été faites pour chaque asque entre les ascospores d'une même paire ou de paires différentes. Si la Levure est hétérothallique, on doit toujours obtenir une conjugaison en confrontant les 2 ascospores d'un même couple et des conjugaisons dans la moitié des cas en confrontant des ascospores de paires différentes. Or l'expérience démontre que la confrontation d'ascospores de couples différents donne très sensiblement moins de conjugaisons que celle d'ascospores d'un même couple (6 à 7 pour 10 environ dans ce dernier cas). Dans le premier cas, les ascospores qui ne se conjuguent pas forment des tubes germinatifs arrivant parfois au contact sans s'anastomoser; ces tubes rarement s'écartent l'un de l'autre. Bien que les chiffres obtenus soient inférieurs aux prévisions, ces faits suffisent pour permettre de conclure à l'hétérothallisme de la Levure.

Ainsi nos résultats nous ont fourni, par d'autres méthodes que celle de Winge et Laustsen, la preuve que le *S. Ludwigii* est hétérothallique. Ils démontrent, en outre, ce que n'ont pas prouvé ces auteurs, que la conjugaison n'est possible qu'entre les ascospores elles-mêmes et que celles-ci perdent leur caractère sexuel dès le début de la germination. Nous avons enfin constaté que les 2 ascospores isolées d'un asque croissent normalement, les 2 autres ne produisant que quelques cellules; mais nous n'avons pas approfondi cette question qui a fait le principal objet du travail de Winge et Laustsen.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Effet de la fixation du sélénium par quelques Crucifères sur les rapports quantitatifs de certains éléments dans ces végétaux.* Note de M. **Martial-Félix Taboury** et Mlle **Odette Coudray-Viau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Divers végétaux fixent le sélénium lorsqu'ils sont cultivés dans un sol contenant cet élément, soit naturellement sous différentes formes, soit par

suite d'arrosage avec des solutions de sélénites ou de séléniates alcalins.

Nous avons étudié sur trois crucifères, Moutarde blanche (*Sinapis alba*), Radis cultivé (*Raphanus sativus*) et Moutarde noire (*Brassica nigra*), d'une part la fixation du sélénium, d'autre part les perturbations apportées par la fixation de ce métalloïde sur la composition des cendres des végétaux.

Dans ce but nous avons cultivé simultanément, pour chaque espèce, deux lots de plantes arrosés l'un avec de l'eau ordinaire, l'autre avec une solution de sélénite de sodium ($0^g,005$ par litre). Toutes les recherches ont été effectuées sur les cendres des plantes adultes séchées.

I. *Teneur en sélénium.* — Le dosage du sélénium dans les plantes entières cultivées dans un sol sélénifère nous a donné les résultats suivants : $^0/_{00}$ de plante sèche, Radis cultivé 0,017; Moutarde noire 0,010; Moutarde blanche 0,007.

En outre, dans le cas de la Moutarde blanche seulement nous avons déterminé les teneurs relatives en sélénium dans les trois organes : feuille, racine, tige. Elles ont été, dans l'ordre indiqué, comme les nombres 350, 100, 45 pour un même poids d'organe sec.

II. *Variation des teneurs relatives en différents métaux par fixation de sélénium.* — L'étude du rôle du sélénium sur la fixation d'un certain nombre de métaux a été conduite par voie spectrochimique et contrôlée dans un cas par voie chimique. Le spectrographe utilisé permettait d'opérer entre 3820 et 8000 Å. Pour exciter les spectres, on utilisait un arc jaillissant entre électrodes de cuivre pur dans lequel on introduisait une petite quantité de cendres préparées en présence d'acide sulfurique suivant la technique habituelle.

Qualitativement, on ne trouve aucune différence entre les plantes sélénifères et les plantes normales. Dans tous les échantillons utilisés, nous avons décelé les éléments Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Mg, Mn, Fe, Al.

Au point de vue *quantitatif*, par contre, on constate d'importantes différences. Ne disposant pas d'un spectrophotomètre nous avons effectué, à l'œil, dans chaque spectre, les comparaisons des intensités des raies de chaque élément à celle d'un autre. Les spectres des cendres séléniées et non séléniées de chaque espèce étaient enregistrés sur une même plaque et l'observation se faisait sur la projection agrandie de ces clichés; nous avons retenu seulement les résultats suivants qui ne laissent aucun doute.

Moutarde blanche normale sélénifère.	Radis cultivé normal sélénifère.	Moutarde noire normale sélénifère.
Fe/K > Fe/K	Fe/Na > Fe/Na	Rapports inchangés
....	Mn/Na > Mn/Na	
Mg/K = Mg/K	Mg/Na > Mg/Na	
Li/K = Li/K	Li/Na > Li/Na	
Na/K = Na/K	....	
	Ca/Na < Ca/Na	
	Sr/Na < Sr/Na	
	Ba/Na < Ba/Na	
	....	
	K/Na = K/Na	

Dans le cas du Radis on a vérifié, par voie chimique, la réduction de la teneur en fer par fixation du sélénium. Celle-ci passe de 1,36 à 0,033 % de plante sèche.

En *conclusion* on peut dire que :

a. *Sinapis alba*, *Raphanus sativus* et *Brassica nigra* fixent dans les mêmes conditions des quantités appréciables de sélénium. Le Radis est celui qui en assimile le plus.

b. En présence de sélénium ces trois espèces se comportent très différemment vis-à-vis de la fixation de Li, Na, K; Ca, Sr, Ba; Mg, Mn, Fe, Al.

Ainsi, par rapport au sodium ou au potassium, le Radis assimile moins de Fe, Mn, Mg, Li et davantage de Ca, Sr, Ba que la plante normale, tandis que la Moutarde blanche retient seulement moins de fer. Quant à la Moutarde noire, la fixation de sélénium ne modifie pas les teneurs relatives des divers métaux.

Vis-à-vis du Radis, Li ne se comporte pas comme un alcalinoterreux.

ZOOLOGIE. — *Le Campagnol denté, rarissime relicte d'un phylum ibérique, se retrouve à l'état subfossile en Languedoc*. Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Microtus dentatus est, de tous les Campagnols européens, le plus remarquable, tant par sa morphologie que par sa localisation géographique et sa rareté. Il a été décrit par Miller en 1910 (*Ann. and Mag. Nat. Hist.*, 8e série, novembre 1910, p. 459), d'après un unique spécimen (conservé au Musée de Madrid), capturé à Molinocos, dans la Sierra de Segura au Sud

d'Albacète. *M. dentatus* diffère beaucoup de tous les *Microtus* européens à l'exception de *M. cabreræ* Thomas, forme également rare et localisée, connue par deux exemplaires (conservés au Br. Museum) de Rascafria, dans la Sierra de Guaderrama, non loin de Madrid.

C'est avec une vive surprise, en revisant la faune des Micromammifères quaternaires français existant dans les collections paléontologiques du Muséum que nous a été révélée la présence de *Microtus dentatus*. Cette forme est en effet représentée par un assez grand nombre de mandibules (46), de portions de crânes et de dents isolées, dans un lot de Mammifères recueillis, en 1864, par P. Gervais, à la Valette (grotte du Lynx), près de Montpellier. La microfaune est constituée par des réjections stomacales de la Chouette effraie (*Tito alba*), grande consommatrice de petits Mammifères, dont les ossements entassés dans les lieux convenables constituent une mine de documents, tant pour la paléontologie quaternaire que pour la mammalogie des temps actuels. Le gisement de la Valette, de l'avis de Gervais, est de formation très récente, sûrement post-pléistocène, peut-être même actuelle. Nous ne pouvons que confirmer cette opinion : après brossage des particules terreuses qui les recouvrent, les os apparaissent non fossilisés, de teinte jaunâtre, et dépourvus d'un dépôt minéral quelconque.

La faune est celle des garrigues actuelles du Gard ou de l'Hérault : Blaireau, Renard, Fouine, Genette, Lapin, Taupe, Musaraigne *Crocidura russula*, Lérot *Eliomys quercinus*, Mulot *Apodemus silvaticus*, Souris *Mus muculus* et Rat noir *Rattus rattus*. La présence du Rat, si elle ne résulte pas de remaniements ou de mélanges dus à la main de l'homme au cours des fouilles, daterait le gisement du moyen âge, au plus tôt. La faunule des Campagnols est d'un intérêt particulier : en dehors de *Microtus dentatus*, nous avons trouvé : le Campagnol aquatique *Arvicola sapidus*, le Campagnol de Lebrun *Microtus nivalis lebrunii*, le Campagnol à douze côtes *Pitymys duodecimcostatus*, tous hôtes actuels des garrigues. Mais, de plus, il existe, en nombre, un grand *Pitymys* différent de *duodecimcostatus* et que nous croyons devoir identifier à *P. ibericus* Gerbe, espèce répandue dans le centre et le sud de la péninsule ibérique. Ainsi donc deux Campagnols, considérés à ce jour comme spécifiquement ibériques, ont vécu à une date très récente à proximité immédiate de Montpellier.

On peut même se demander s'ils ne subsisteraient pas à l'état vivant en quelque point de notre région méditerranéenne.

La belle série de *M. dentatus* de la Valette permet de juger de la validité de cette forme, décrite jusqu'ici sur un seul spécimen.

La grande taille est confirmée (larg. zygoma. $17^{mm},8$, rangée molaires sup. 7, diastème 9,5, fentes palatines 6, nasaux 9,4), ainsi que les caractères du frontal dans la région interorbitaire. La morphologie du lobe antérieur de M_1 est caractéristique. Par contre, le caractère exclusif et considéré comme spécifique de *M. dentatus*, à savoir la présence de deux prismes triangulaires en M_3, n'est pas constante : sur 13 dents examinées, les 2 triangles apparaissent 7 fois; dans les 6 autres cas le caractère est incomplet ou en voie de formation (question d'âge?). Il convient donc de rapprocher *M. dentatus* de *M. cabreræ* et de considérer ces deux formes comme appartenant à une même lignée ibérique en voie d'extinction, lignée établissant une transition entre les *Microtus s. stricto* et les *Sumeriomys* asiatiques. La présence de *M. dentatus* à la Valette apporte la preuve d'un peuplement ibérique de la France à une époque récente, mouvement faunique inverse de celui des temps glaciaires et qui jette une lumière nouvelle sur les origines multiples du peuplement mammalien actuel de la France que nous nous attachons à reconstituer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation possible d'esters éthyliques au cours de la stabilisation des végétaux.* Note (1) de MM. **Albert Goris** et **Henri Canal**, présentée par M. Maurice Javillier.

Lors de la stabilisation des végétaux par immersion dans l'alcool éthylique bouillant en présence de carbonate de calcium, l'alcool n'agit pas seulement comme destructeur des ferments; il peut intervenir comme réactif provoquant des phénomènes inattendus. Ainsi, en traitant suivant cette technique des feuilles de *Pæonia officinalis* L. ou de *Pæonia Moutan* Sims., nous avons isolé un corps fondant à 160°, qui est de l'ester éthylgallique.

%, C 54,77; H 5,00; C^2H^5 14,76; P.M. 190.

Calculé % pour $C^9H^{10}O^5$, C 54,54; H 5,05; C^2H^5 14,64; P.M. 198.

(1) Séance du 3 juillet 1939.

Ce corps donne en effet de l'acide gallique par saponification. Le point de fusion de son mélange avec de l'ester éthylgallique de synthèse ne subit aucune dépression. Le groupe éthyle a été caractérisé par formation d'iodure de triméthyléthylammonium.

En réalité, les plantes étudiées ne renfermaient pas d'ester éthylgallique : car, si l'on remplace pour la stabilisation l'alcool éthylique par l'alcool méthylique, on n'obtient pas l'ester éthylique mais l'ester méthylique (F. 199°). Ces esters donnent une réaction colorée permettant de déceler leur présence même à l'état de traces. L'addition d'ammoniaque à leur solution aqueuse fait apparaître une teinte rouge framboise fugace que la présence d'acétone rend persistante.

Nous avons vérifié que l'ester éthylgallique ne peut se former à partir d'ester méthylgallique, qui existerait dans la plante, par une réaction d'éthanolyse analogue à celle que l'on utilise pour préparer à partir des glycérides les esters éthyliques d'acides gras. L'ester méthylgallique n'existe d'ailleurs pas dans les feuilles de pivoine; en utilisant l'acétone bouillante pour effectuer la stabilisation, on ne peut isoler la moindre trace d'esters galliques, et l'on obtient un corps acide très différent de l'acide gallique.

Cet acide est très soluble dans l'eau, l'acétone, insoluble dans le chloroforme et le benzène. Il présente certaines réactions colorées de l'acide gallique : coloration bleue avec le chlorure ferrique, réduction de la liqueur cupro-alcaline et du permanganate de potassium etc., mais avec le cyanure de potassium il donne une teinte jaune citron très stable, alors que l'acide gallique fournit une coloration rouge fugace qui réapparaît par agitation.

Nous n'avons pas réussi à obtenir cet acide sous forme cristallisée; ce fait nous a empêchés d'en effectuer l'analyse et de déterminer le nombre des groupes hydroxyles et carboxyles dont nous avions constaté la présence.

Estérifié par l'alcool éthylique ou méthylique en présence d'acide sulfurique, il donne les esters gallique et benzoïque correspondants; saponifié par la potasse aqueuse bouillante, il libère de l'acide benzoïque et de l'acide gallique. Ces deux acides ne constituent pas un simple mélange, mais une combinaison, car si l'on traite l'acide isolé par le benzène ou le chloroforme bouillant, on ne peut en extraire l'acide benzoïque.

Nous avons essayé d'établir si cette combinaison des acides gallique et benzoïque pouvait donner naissance à des esters dans les conditions réalisées au cours de la stabilisation. Par ébullition avec l'alcool éthylique ou méthylique, il ne se forme pas d'esters, quels que soient le titre

alcoolique et la durée du chauffage; par contre, en opérant en présence de carbonate de calcium on obtient rapidement les esters éthyl- ou méthyl-gallique.

L'ester éthylgallique, retiré après stabilisation des feuilles de pivoine par l'alcool bouillant en présence de carbonate de calcium, n'existe donc pas dans la feuille de pivoine. Il ne provient pas de l'estérification de l'acide gallique : cet acide n'est pas présent dans la plante, et nous avons constaté que l'acide gallique pur ne donnait pas d'esters par action de l'alcool bouillant en présence ou non de carbonate de calcium. L'ester se forme, au cours de la stabilisation, à partir de l'acide formé par la combinaison des acides gallique et benzoïque : au cours de l'opération, cette combinaison doit être décomposée et l'alcool bouillant doit estérifier l'acide gallique dès qu'il est libéré.

La stabilisation par l'alcool bouillant, qui est en général une excellente méthode pour éviter des modifications dans la composition initiale des végétaux, peut donc provoquer des réactions dans lesquelles l'alcool intervient par sa fonction chimique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution et les propriétés des amidons solubles.* Note de MM. **Christian Dumazert** et **Georges Santoni**, présentée par M. Maurice Javillier.

La transformation intégrale des amidons naturels en amidons solubles sous l'action de la soude, à froid, suivant les modalités antérieurement décrites (1), nous a permis d'obtenir un produit de propriétés et de constitution constantes, identique quelle que soit l'origine des amidons. Cette Note est consacrée à l'étude de certaines propriétés et de la constitution de ce corps.

Tous nos amidons solubles possèdent le même pouvoir rotatoire aux erreurs d'expérience près, soit respectivement $[\alpha]_D = +189^\circ$; $+187^\circ,8$; $+190^\circ,1$; $+188^\circ$; $+189^\circ,5$ (valeur moyenne $+189^\circ$) pour ceux provenant du blé, de l'arrow-root, du maïs, de la pomme de terre et du riz. Les solutions de ces amidons ne se gélifient pas; elles donnent avec l'iode une coloration d'un bleu très pur. Soumis à l'acétylation selon la technique de Reich et Damansky (2), ces corps donnent naissance à un ester

(1) C. Dumazert, G. Santoni et J. Autran, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 1988.
(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 19, 1937, p. 158.

soluble dans le chloroforme, contenant trois groupements acyles par unité $C^6H^{10}O^5$.

Nos amidons solubles possèdent un pouvoir réducteur vis-à-vis de l'iode en milieu alcalin, attribuable à l'existence, à l'une des extrémités de la chaîne du polyholoside, d'une fonction pseudo-aldéhydique libre. Le dosage de celle-ci a permis la détermination du poids moléculaire minimum des corps étudiés. Nous l'avons effectué en adaptant à notre but la microméthode iodométrique de dosage des aldoses mise au point par l'un de nous (³).

Nous avons, en effet, constaté que nos amidons solubles ne sont oxydés complètement que si l'on prolonge le contact entre l'iode et le polyholoside pendant 8 heures; la quantité d'iode entrant alors en réaction est rigoureusement proportionnelle à la quantité de produit mise en œuvre. Nous avons ainsi déterminé la quantité d'iode nécessaire pour réaliser l'oxydation complète de 100^g d'amidon soluble, soit I′ (indice d'iode avant hydrolyse). Par ailleurs, nous avons déterminé le pouvoir réducteur vis-à-vis de l'iode des mêmes produits après hydrolyse totale par l'acide sulfurique, soit I″ (indice d'iode après hydrolyse). Le rapport I″/I′ exprime le nombre n de molécules de glucose constituant les polyholosides étudiés, ce qui permet de calculer leur poids moléculaire minimum. On trouvera ci-dessous les résultats des mesures.

Origine des amidons solubles à froid.	Indices d'iode — avant hydrolyse I′.	Indices d'iode — après hydrolyse I″.	Amidon en % des produits étudiés.	Rapport $n = \frac{I''}{I'}$.
Arrow-root	7,55	155,9	99,3	20,6
Blé	7,64	154,9	98,6	20,2
Maïs	7,65	149,8	95,7	19,4
Pomme de terre	7,69	152,4	97,2	19,8
Riz	7,54	148,8	94,3	19,7
Moyennes	7,60	152,3	97,02	20
Valeurs théoriques pour $n = 20$	7,796	156,7	100	20

De l'examen de ce tableau, il ressort que tous nos amidons solubles sont identifiables à un même polyholoside, constitué par l'association de 20 molécules de glucose, unies par des liaisons glucosidiques, et formant une chaîne ouverte qui porte à l'une de ses extrémités une fonction pseudo-

(³) C. Dumazert, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 16, 1934, p. 923 à 940.

aldéhydique libre. Le poids moléculaire calculé à partir de ce résultat est 3258, valeur voisine de celle que nous avons obtenue, par ailleurs, à partir de mesures de pression osmotique.

Ces données permettent de considérer l'amidon soluble que nous avons isolé comme un *composé chimique défini*, correspondant à une phase précise de la dégradation des amidons naturels. Étant donné qu'un tel polyholoside a été obtenu à partir d'amidons d'origines diverses, *nous le considérons comme le constituant fondamental de ceux-ci;* cette notion est d'accord avec celle de l'homogénéité chimique de l'amidon qui trouve dans nos recherches un nouveau point d'appui.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la structure antigénique des bacilles tuberculeux humains et bovins.* Note [1] de M. **W. Schaefer**, présentée par M. Louis Martin.

Les recherches sur la structure antigénique des bacilles tuberculeux ont montré que tous les bacilles des mammifères contiennent un antigène lipoïdique (K. Meyer, A. Boquet et L. Nègre, Anderson, Machebœuf) et un antigène polysaccharidique (Zinsser, Mueller, Masucci, Mc Alpine et Glenn, Heidelberger et Menzel, Sandor et Schaefer) qui leur sont communs. Avec G. Sandor [2], nous avons décelé, dans les bacilles bovins, un antigène protéidique spécifique pour ce type. Cet antigène spécifique de type peut être mis en évidence aussi bien dans les bacilles bovins donnant des colonies lisses que dans les bacilles bovins donnant des colonies rugueuses, mais seules les cultures ayant gardé l'aspect lisse sont capables de produire chez les animaux l'anticorps correspondant. L'anticorps protéidique spécifique pour le bacille bovin se trouve non seulement chez les animaux préparés (cheval, lapin), mais encore, assez souvent, chez l'homme dans les cas d'infection par le bacille des bovidés [3]. Il apparaît ainsi que la spécificité antigénique du bacille bovin réside dans ses protéides.

---

(1) Séance du 3 juillet 1939.

(2) W. Schaefer et G. Sandor, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 155; W. Schaefer, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 962.

(3) K. Meyer, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 470; W. Schaefer, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 909.

En ce qui concerne la valeur antigénique et la spécificité des protéides du bacille humain, nos expériences faites sur le cheval et sur le lapin ne nous avaient donné que des réponses négatives, car ces protéides ont été inactifs à l'égard de tous les sérums de ces animaux préparés, soit avec des bacilles humains, soit avec des bacilles bovins lisses ou rugueux. Il en est autrement lorsqu'on injecte des bacilles bovins lisses au cobaye. L'injection de bacilles humains ou de bacilles bovins rugueux tués et mis en suspension dans de l'huile de vaseline (technique de A. Saenz) ([4]) ne produit chez le cobaye, comme chez le lapin et le cheval, que des anticorps lipoïdiques et des anticorps polysaccharidiques. Les bacilles bovins lisses, dans les mêmes conditions, donnent naissance à des anticorps protéidiques. Ces anticorps, sauf quelques exceptions, ne sont pas spécifiques pour les protéides des bacilles bovins comme ceux que l'on obtient chez le lapin, le cheval et l'homme, mais ils réagissent également et aussi bien avec les protéides des bacilles humains. Le même antigène est donc capable de produire des anticorps dont la spécificité est plus ou moins stricte selon l'espèce animale à laquelle il est injecté.

L'existence d'un antigène protéidique commun aux bacilles tuberculeux bovins et humains permet de faire un nouveau rapprochement entre l'antigène protéidique et la tuberculine. En effet, de même que l'anticorps protéidique des cobayes préparés avec des bacilles bovins lisses réagit indistinctement avec les antigènes protéidiques des bacilles humains et bovins, de même le derme du cobaye tuberculeux donne des réactions allergiques avec les tuberculines de ces deux types bacillaires. Nous avons déjà signalé ([5]) que l'antigène protéidique du bacille bovin est aussi thermostable que la tuberculine, et nous avons constaté qu'il réagit avec son anticorps jusqu'à des dilutions presque aussi faibles que celles qui provoquent encore des réactions tuberculiniques dans la peau des sujets tuberculeux. Ces faits viennent à l'appui de l'hypothèse suivant laquelle la réaction tuberculinique est liée à la réaction entre un anticorps cellulaire et les protéides du bacille de Koch.

En résumé, l'étude de la fraction protéidique des bacilles tuberculeux nous a révélé la présence, dans les bacilles du type bovin, d'un antigène spécifique de type qui permet de distinguer, par les réactions sérologiques, une souche d'origine bovine d'une souche d'origine humaine. Cet antigène

---

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 870.
([5]) W. Schaefer, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 746.

spécifique de type existe dans les cultures rugueuses du bacille bovin aussi bien que dans les cultures lisses de ce germe, mais il ne manifeste son pouvoir antigénique *in vivo* que dans les cultures lisses. Celles-ci produisent chez le lapin et chez le cheval auxquels elles sont injectées, des anticorps rigoureusement spécifiques pour les bacilles bovins, anticorps qu'on retrouve chez l'homme atteint de tuberculose à bacille bovin. Chez le cobaye, au contraire, elles provoquent, en général, la formation d'anticorps protéidiques qui réagissent à la fois avec les protéides du bacille bovin et avec ceux du bacille humain. Il apparaît donc que le bacille bovin contient deux antigènes protéidiques, l'un spécifique de type et l'autre commun à ce germe et au bacille humain. Selon l'espèce animale inoculée, l'un ou l'autre de ces antigènes protéidiques exerce une action prépondérante dans l'élaboration des anticorps.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1939 (*fin*).

Le Nil souterrain dans la région de Nag-Hamadi avant et après la construction du barrage du fleuve (avec 1 planche), par Ch. Audebeau Bey. Extrait du *Bulletin de l'Institut d'Égypte*. Tome XX, session 1937-1938. Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale, 1938; 1 fasc. 25cm (présenté par M. M. Laubeuf).

Le Soja et les industries du Soja. Produits alimentaires. Huile de Soja. Lécithine végétale. Caséine végétale, par A. Matagrin. Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 18cm (présenté par M. A. Chevalier).

Le cerf Sika, par François Vidron, in *Encyclopédie biologique*. Fascicule XX. Paris, Paul Lechevalier, 1939; 1 vol. 25cm (présenté par M. M. Caullery).

Un cinquantenaire. L'Observatoire d'Ambohidempona à Tananarive, Madagascar, 1889-1939, par Charles Poisson S.-J. Paris, Éditions Dillen, 1939; 1 vol. 24cm.

Université de Grenoble, 1339-1939. Grenoble, Imprimerie Allier Père et Fils, 1939; 1 vol. 28cm.

IVe Congresso internazionale di Patologia comparata. Roma, 15-20. *Maggio* 1939. 1 Volume. *Relazioni*. Milano, Industrie grafiche Italiane Stucchi, 1939-XVII; 1 vol. 25cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier Prince souverain de Monaco. Fascicule CI. *Recherches d'océanographie physique et chimique faites pendant les croisières du Prince Albert Ier de Monaco*, par Divers Auteurs. Monaco, Imprimerie de Monaco, 1939; 1 volume 35cm,5 (présenté par M. P. Portier).

Annales de la Société royale zoologique de Belgique. Tome LXIX. *Volume jubilaire*. Année 1938. Bruxelles, Imprimerie Forton, 1939; 1 vol. 25cm,5.

ERRATA.

—

(Séance du 3 avril 1939.)

Note de M. *Louis Glangeaud* et Mme *Yvette Bonichon*, Sur les causes dynamiques des variations de la turbidité et du débit solide dans la Garonne maritime et la Gironde au cours des marées :

Page 1072, ligne 2, *au lieu de* Mme Yvonne Bonnichon, *lire* Mme Yvette Bonichon.

(Séance du 19 juin 1939.)

Note de M. *Dionisie Hacman*, Sur les propriétés optiques des couches très minces de potassium :

Page 1984, note (6), *au lieu de* 11mμ,5, *lire* 5mμ,75.

